فسيولوجيا الحيوانات الزراعية

لطلبة كليات الزراعة والمهتمين بالإنتاج الحيواني

دكتور

محمد صفوت عبد المجيد جلاجل

أستاذ الفسيولوجيا - كلية الزراعة - جامعة الزقازيق - فرع بنها

الطبعة الخامسة ١٩٩٩/٩٨

فسيولوجيا الحيوانات الزراعية

الطبعة الأولي ١٩٨٥

الطبعة الثانية ١٩٨٩

الطبعة الثالثة ١٩٩٣

الطبعة الرابعة ١٩٩٧

الطبعة الخامسة ١٩٩٩

رقم الإيداع ٥٥٩٣ / ٩٧

الترقيم الدولي I.S.B.N. 977 - 19 - 3017 - 6

الطبعة الخامسة

١٩٩٩

تصميم الغلاف و نبذه هديه عزيزه من

المهندس المعمارى/تامر محمد صفوت جادو

إهـــداء

إلـي روح أمـــي ... التي غرسـت في حـب العلـم منـذ أن كنت في المهـد صبيـــا

إلـي روح أبـــي ... الذي غمـرني بحنـان الأب والأم معـا ، وأعطـاني بلا حـــدود

إلي شريكة سني عمري حلوها ومرها عوني المسارعة إلي العون حين يكون واجبا وبلا طلـب

إلي إبنـتي وولـدي زهرتـي عمري وبسمتي حين تعز البسمة وأملي ورجائي من رب العالمين

أهدي كتابي ... ثمرة حنانهم جميعا

إلي أســاتذتي ... من أحسن إلي منهم ... ومن أســاء .

إلي أبنائي في العلم ... من أخلص إلي منهم ... ومن تنــكر .

إلي كل طـالب علم ... وســاعي إليه ... فهـو خـير مـيراث .

إلي الزملاء من سيستقبل عملي بترحاب ومن سيكون له عليه مآخذ .

أقول ... هاؤم إقرءوا العمل ..وأنبئوني بالرأي .. فهو نصير

إلي ربي ...الحمد كله والشكر كله ... أن أعانني ووفقني ... ودعـائي إليك تجعله علم ينتفع به ويكون عمل لي غير مقطوع ولا ضائع وأن :

"ربنا لا تؤاخذنا إن نسينا أو أخطأنا ربنا ولاتحمل علينا إصرا كما حملته

علي الذين من قبلنا ربنا ولا تحملنا ما لا طاقة لنا به واعف عنا وأغفر لنا

وارحمنا أنت مولانا فإنصرنا علي القوم الكافرين ."

صـدق الله العظيـــم

فهرس المحتويات

تقديـــــــم

يعرف علم الفسيولوجيا في المراجع العربية بـ " علم وظائف الأعضاء " . وهو ذلك العلم الذي يعني ببحث ومعرفة الطريقةالتي يقوم بها كل عضو من أعضاء جسم أي كائن حي بنشاطه وطريقة أدائه لوظائفه المختلفة بطريقة مثلي تمكنه من أن يحيا حياة طبيعية متمشية مع مكونات البيئة التي يعيش فيها . كما يبحث مظاهر الحياه المختلفة للكائن الحي وإختلافها بإختلاف أنواع وأجناس الحيوانات ، ودرجة التكامل بين جميع وحدات الجسم البنائية والوظيفية .

فكما هو معروف . فإن لكل وحدة من هذه الوحدات دور خاص تقوم به ضمن مجموع الأدوار والأنشطة المختلفة للجسم تساعد الكائن الحي علي الوفاء بجميع متطلبات الحياة . ويتأثر هذا الدور بطبيعة التركيب البنائي لهذه الوحدة كما يؤثر علي الوحدات البنائية الأخري مما يعطي لدراسة النشاط الوظيفي للأعضاء المختلفة لجسم الكائن الحي نوع من التعقيد أو الصعوبة إذا أريد معرفة درجة التكامل المثلي بين جميع الأنشطة المختلفة لمختلف أعضاء الجسم . ويحاول هذا العلم الكشف عن كل هذه الحقائق . فهو لا يهتم فقط بمعرفة طريقة أداء كل عضو علي حدة لوظيفته بل إنه يبحث أيضا في أوجه التعاون والتعارض بين وظائف هذه الأعضاء والظواهر المرضية التي تنتج عن قصور أي منها عن أداء وظائفه .

ولقد تشعبت مجالات هذا العلم وتعددت نظرياته ومذاهبه حتي تفرعت منه علوم كثيرة تخصص كل منها بدراسة جهاز فقط من أجهزة الجسم أو العلاقة بين مجموعة من تلك الأجهزة فيبحث علم الغدد الصماء (Endocrinology) طريقة عمل الجهاز الهرموني ويدرس علم الأعصاب (Neurology) الجهاز العصبي ويقوم علم الأقلمة (Climatology) بدراسة الطريقة التي يتم بها التفاعل بين الكائن الحي و مكونات بيئته الخارجية أما علم فسيولوجيا الإجهاد (Stress Physiology) فيبحث التغيرات الحادثة في مكونات البيئة الداخلية للكائن الحي الناتجة عن تأثير التغير الغير طبيعي في أي مكون من مكونات بيئته الخارجية ويدرس علم التناسليات أو فسيولوجيا التكاثر (Reproductive Physiology) طبيعة التناسل في الحيوانات المختلفة وسبل الإرتقاء بالكفاءة التناسلية فيها تحقيقا لأكبر عائد من تربيتها . هذا إلي جانب الكثير

مـن العلـوم التطبيقيـة الأخـري المتفرعـة مـن علـم الفسـيولوجيا العـام مثـل علـم الإجـترار (Ruminology) وعلم فسيولوجيا الطيور (Aavian Physiology) الذي يقـوم بدراسـة الظواهـر الفسيولوجية للعمليات الحيوية في جسم الطيور بصفة عامة والطيور الداجنة بصفة خاصة .

وستقتصر دراستنا علي الأسس العامة لعلم الفسيولوجيا تاركين التفاصيل لعلوم الفسيولوجيا التطبيقية المختلفة . وهـو في إعتقادنـا كـاف للطـالب المبتـدئ الـذي لم يتقدم بعـد في المجـال المتخصص للإنتاج الحيواني .

ولقد بدأت فكرة هذا الكتـاب تتجمع لـدي عندمـا جمعـت محـاضراتي الـتي ألقيتهـا علـي طلابي منذ عودتي من بعثتي الدراسية وحتي عام ١٩٨٥ حيث ظهـرت أول طبعـة منـه . ثـم توالـت الطبعات الواحدة تلو الأخري حتي كانت الطبعة الخامسة عام ١٩٩٩ والـتي أردتهـا أكثر الطبعـات تنقيحا متضمنه خبرة الأعوام الطويلة التي قـاربت علـي الأربعين عامـا قضيتهـا محـاضرا لهـذا العلـم ولسائر فروعه في رحاب الجامعات المصرية وبعض الجامعات العربية .

ويتناول الكتاب في ثوبه الجديد منجزات العلم الحديثة . فبجانب تنـاول وظـائف الأعضـاء والأجهزة المختلفة تم الإشـارة بشيئ مـن التفصيـل إلي الإرتبـاط والتفـاعل بـين الثلاثـة أجهـزة الحاكمة لوظائف الأعضاء (الجهاز الوراثي . الجهاز العصبي . الجهاز الهرموني) وحرصنا علـي بيـان التداخل بين التكوين الوراثي للكائن الحي وقدراته الفسيولوجية والتنظيمات العصبيـة والهرمونيـة لتلك القدرات حتي يتم التناغم بين وظائف الأعضاء في سيمفونية إلآهية عذبة الألحان . وفي كـل تناول لي لموضوعات الكتـاب وضعت نصب أعيني أن أخـدم إقتصاديـات الإنتـاج مـن الحيوانـات الزراعية حيث بات تصميم كل برابج التربية والإنتخاب للسلالات الجديدة من الحيوانات والطيـور مبني علي أسس من ا لصفات الفسيولوجية ذات الإرتباط الوثيق بالنواحي الإنتاجيـة المختلفـة مـن لبن ولحم وبيض وريش وصوف ... وغيرها . لـذا أري أنـه مـن الوهـم المعيـب في تخطيط برامـج الدراسة الأكاديمية والعملية لطلبة كليات الزراعة أن يناط بتدريس هذا العلم لغير المتخصصين في الفسيولوجيا من دارسي الإنتاج الحيواني والطب البيطري . فليس المقصـود بفسيولوجيا الحيـوان لطالب كليات الزراعة دراسة فسيولوجيا الحيوان البحت فهذا يكون أصلح لطلاب أقسـام الحيـوان بكليات العلوم وطلاب شعب الوقاية في كليات الزراعـة . لـذا آن أوان وقـف مهـاترات التنـازع علـي

تدريس هذا العلم من غير المتخصصين في مجال الإنتاج الحيواني والدواجن مراعاة للضمير العلمي وتمشيا مع ركب العلم الحديث في جامعات العالم أجمع .

وإذا كنت قد أسميت الكتاب فسيولوجيا الحيوانات الزراعية إلا نني لم أغفل أن أشير إلي السمات الوظيفية المميزة للطيور كقسم هام من أقسام الإنتاج الحيواني .

هذا ولا يفوتني أن أؤكد أن علم الفسيولوجيا بفروعه المختلفة بات عصب الإنتاج من الحيوانات الزرراعية فهو مرتبط بتربيتها وتغذيتها والإنتاج منها مما يؤكد علي أهمية هذا العلم لدارس الإنتاج الحيواني والطب البيطري .

وأخيرا . فلله أدعو أن يكون ما جاء بهذا الكتاب علما ينتفع به (وهو أحد ثلاثة أعمال باقية لإبن آدم عندما ينقطع عمله في الدنيا) حين يدعو الداعي لأن أكون في رحابه بإذن الله .

أ.د. محمد صفوت عبد المجيد جادو

الثلاثاء ٢٨ من رجب عام ١٤١٩ هـ الموافق ١٧ من نوفمبر عام ١٩٩٨م

الخليـــــــة

كوحدة بناء أجسام الكائنات الحية الحيوانية

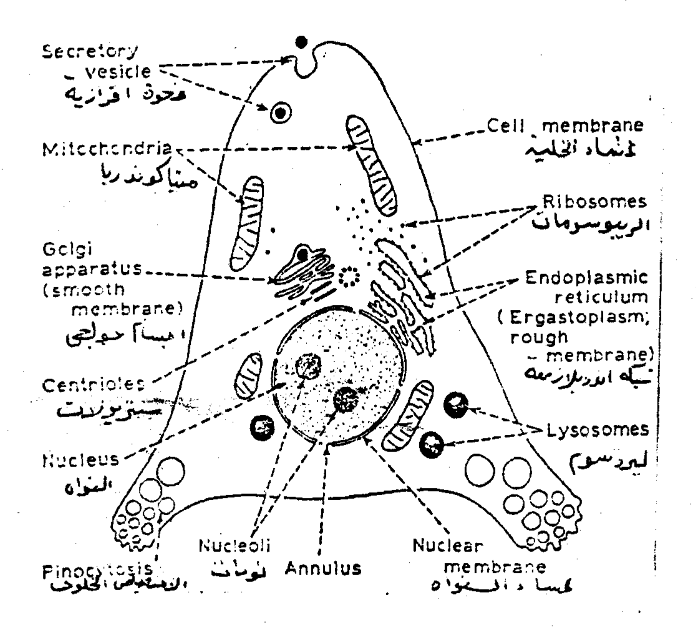
يتكون جسم أي كائن حي حيوانا كان أم نباتا من خلايا هي في الأصل وحدات جسمه البنائية مثلما تمثل الذرة وحدة بناء جزيئات المواد المختلفة . ولا يمكن النظر إلي الخلية الحيوانية علي أنها كيس ممتلئ بالسوائل والإنزيمات والعناصر الكيميائية المختلفة . بل تتكون الخلية الحيوانية من مكونات علي درجة كبيرة من الإتزان بعضها حي يتمتع بكل صفات الحياة وبعضها غير حي . وكلها ذات أهمية خاصة بالنسبة للنشاط الوظيفي للخلية . وعليه يمكن تعريف الخلية بأنها كتلة سيتوبلازمية تحتوي علي نواة . وإن كانت بعض الخلايا تفقد أنويتها خلال المراحل الأخيرة من تكوينها وتميزها مثل كرات الدم الحمراء التي تكون في غير حاجة إلي نواة لها . وللخلية القدرة علي القيام بجميع وظائف الحياة اللازمة للجسم مثل النمو والتنفس والإخراج والتكاثر أو الإنقسام والتغذية والحركة ... وغيرها . غير أنه قد تفقد بعض الخلايا أي من هذه الوظائف لتتخصص في القيام بأعباء وظيفة واحدة أو وظائف معينة تجعلها خلية متخصصة في هذا المجال .

ولقد كان العالم Schwann أول من قام بوصف الخلية الحيوانية عام ١٨٣٩ حيث إعتبرها وحدة بناء جسم الكائن الحي الحيواني . ولقد أدي إكتشاف الميكروسكوب الضوئي البسيط أولا إلي معرفة التفاصيل الأولية لتركيب الخلية بينما أدي إكتشاف الميكروسكوب الإلكتروني بعد ذلك إلي الوقوف علي أدق التفاصيل للمحتويات المختلفة للخلية الحيوانية .

تركيب الخليـــة الحيوانيـــة

تتكون الخلية الحيوانية من تركيبين رئيسيين هما السيتوبلازم والنواة . وتختص النواة بوظيفة التكاثر أي الإنقسام وتنظيم الأداء لمختلف وظائف الخلية بينما يختص السيتوبلازم بالقيام بجميع الوظائف الحيوية الأخري للخلية . ويحتوي السيتوبلازم علي مكونات مختلفة لكل منها وظيفة محددة من مجموع وظائف الخلية . وتحاط كل تراكيب الخلية من الخارج بغشاء يفصلها عن مكونات البيئة الداخلية المحيطة بالخليةيعرف بالغشاء البلازمي أو الغشاء الخلوي .

ويمثل الشكل التخطيطي التالي التركيب المثالي لخلية حيوانية .



وسنورد فيما يلي وصفا مختصرا لأهم مكونات الخلية الحيوانية :

أولا : الغشــاء الخلوي Cell membrane :

يتميز الغشاء الخلوي - الذي يحيط بالخلية إحاطة كاملة - بكونه رقيق جدا ومرن حيث يبلغ سمكه ٧٫٥ : ١٠ نانوميتر . ويتكون الغشاء الخلوي أساسا من ليبيدات وبروتينات . وتكوّن الليبيدات سدا مانعا يمنع الحركة الحرة للماء والمواد الذائبة فيه من خلية إلي أخري . أما جزيئات البروتين فتوجد ذائبة في الغشاء وتقلل أحيانا من ظاهرة المنع لليبيدات . لذا فهي تسمح في بعض الأحيان بمرور الكثير من المواد من خلال الغشاء الخلوي . كما تظهر بروتينات الغشاء بعض الخصائص الإنزيمية . وفيما يلي نورد النسب التقريبية لمكونات الغشاء الخلوي :

بروتينات ٥٥٪ . فوسفوليبيدات ٢٥٪ . كولستيرول ١٣٪ . ليبيدات أخري ٤٪ . كربوهيدرات ٣٪ .

ويتكون الغشاء الخلوي من ثلاثة طبقات : الداخلية والخارجية منها كثيفة بينما تكون الوسطي ذات كثافة منخفضة . ولقد ثبت أخيرا أن السطح الخارجي للغشاء الخلوي يتكون من

سكريات عديدة بينما يتكون السطح الداخلي من مواد بروتينية . أما الجزء الأوسط من الغشاء فيتكون من فوسفوليبيدات . ويتكون كل من السطحين الداخلي والخارجي من جزئ واحد في السمك أما الطبقة الوسطي فتتكون من جزيئين من الفوسفوليبيدات مرتبة كما في الشكل التالي :



وتمثل الدوائر السوداء في الرسم النهايات القطبية للجزئ (سواء أكان عديد التسكر أو البروتين) . وهو في العادة محب للماء (Hydrophilic) ويتكون من الجزء الفوسفوري الكربوني النيتروجيني من مركب الفوسفوليبيد المكون للطبقة الوسطي . أما الجزء الباقي من الجزيئ فهو عبارة عن سلسلة من الأحماض الدهنية الهيدروكربونية الغير قابلة للذوبان في الماء (Hydrophobic) . وتترتب هذه السلاسل في وضع عمودي بالنسبة للغشاء وعكسي بالنسبة للجزء القطبي للجزيئ الثاني من الفوسفوليبيد .

ثانيا : السيتوبلازم Cytoplasm

وهو الجزء من الخلية الذي يملأ فراغها ويحيط بنواتها . ويتكون في العادة من طبقتين هما البلازم الخارجي (Ectoplasm) الذي يلي غشاء الخلية مباشرة ، والبلازم الداخلي (Endoplasm) وهو الجزء الداخلي من السيتوبلازم . ويوجد بالسيتوبلازم فضلا عن النواة تراكيب مختلفة نورد أهمها بإختصار فيما يلي :

أ) تراكيب السيتوبلازم الحية :

يحتوي السيتوبلازم علي العديد من التراكيب يضطلع كل منها بوظيفة من وظائف الخلية . لذا تسمي في العادة بالتراكيب السيتوبلازمية الحية . والتي تشمل التراكيب التالية :

١) الشبكة الإندوبلازمية The endoplasmic reticulum :

يوجد بالسيتوبلازم تركيب شبكي مكون من أنيبيات منبسطة ذات جدر مكونة من طبقة مزدوجة من البروتين تسمي بالشبكة الإندوبلازمية . وتبلغ المساحة الكلية لسطح هذه الشبكة في بعض الخلايا مثل خلايا الكبد حوالي ٣٠ : ٤٠ مرة أكبر من مساحة سطح الغشاء الخلوي . وتمتلئ الأنيبيات المكونة لهذه الشبكة بمادة تعرف بالمادة الإندوبلازمية (Endopasmic matrex) وهي مادة سائلة تختلف في طبيعتها عن السائل خارج هذه الشبكة الإندوبلازمية . وتشير دلائل الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني إتصال المادة الإندوبلازمية بالسائل الموجود بين الغشائين النوويين . وهناك من الدلائل ما يشير إلي دخول جميع المواد المختلفة في الخلية في الفراغات بين الشبكة الإندوبلازمية حيث يتم توزيعها . وتتم معظم عمليات التمثيل الغذائي في الشبكة الإندوبلازمية نظرا لما تتمتع به من مساحة سطح كبير وإحتواءها علي العديد من الإنزيمات . وهناك نوعان من الشبكة الإندوبلازمية هما :

الشبكة الإندوبلازمية المحببة Granular endoplasmic reticulum :

حيث يتصل علي السطح الخارجي لهذه الشبكة أعداد كبيرة من حبيبات خاصة تسمي بالريبوسومات (Ribosomes) تتكون أساسا من الحمض النووي (RNA) أو Ribonucleic acid الذي يقوم بتخليق البروتينات في الخلايا .

الشبكة الإندوبلازمية الغيرمحببة Agranular endoplasmic reticulum :

وهو الجزء من الشبكة الإندوبلازمية الذي لا يحتوي علي أي ريبوسومات . وتقوم هذه الشبكة بتخليق الليبيدات والعديد من الإنزيمات في الخلية .

٢) جهاز جولجي Golgi apparatus :

ويوجد في السيتوبلازم علي هيئة خيوط متشابكة أو عصي . وهي ترتبط إرتباطا وثيقا بالشبكة الإندوبلازمية حيث تحتوي علي أغشية تماثل أغشية الشبكة الإندوبلازمية الغير محببة . وتتكون من أربعة طبقات أو أكثر من الحويصلات الرقيقة المفلطحةتوجد بالقرب من نواة الخلية وتكثر أجسام جولجي في الخلايا الإفرازية حيث تقع في مثل هذه الخلايا عند طرف الخلية الذي يتم منه خروج إفرازاتها . ولقد لوحظ في كثير من الحالات خروج بعض الحويصلات من الشبكة الإندوبلازمية لتندمج مع حويصلات أجسام جولجي . وبذا يتم إنتقال المواد من الأولي إلي الثانية حيث يتم تحويلها إلي حويصلات إفرازية أو ليزوسومات أو المكونات السيتوبلازمية الأخري

٣) المیتوكوندریـــا Mitochondria :

وهي تراكيب خاصة توجد داخل السيتوبلازم علي شكل حبيبات مستديرة أو عصي قصيرة وهي دائمة الحركة في السيتوبلازم . ويعتقد أنها تهيئ سطحا كبيرا تتكون عليه نواتج التحول الغذائي كما يعتقد أنها ترتبط إرتباطا وثيقا بكمية الطاقة اللازمة للنشاط الوظيفي للخلية .لذا تسمي في بعض المراجع ببيوت الطاقة (power houses) . وتختلف الميتوكوندريا في الحجم حيث يتراوح حجمها ما بين ٥ر : ١٢ ميكرون في الطول . وتلعب دورا حيويا في عمليات التمثيل الغذائي الخلوي .

٤) الليزوســـومات Lysosomes :

وتعتبر من التراكيب الهامة في السيتوبلازم ذات الدور الفعـال في نشاطها . وهي تتـوزع داخـل السيتوبلازم . وتعتبر الليزوسومات الجهاز الهضمي للخلية . حيث يمكنها هضم المواد والتخلص من نواتـج الهضم والأجسام الغريبة مثل البكتيريا . ويتراوح أقطارها ما بين ٥ : ٨ نانوميتر . وهي عبارة عن بروتين يحتوي علي إنزيمات محللة (hydrolytic) . ولقد أمكن إيجاد حوالي ٤٠ إنزيم منها . ويحيط بالليزوسوم غشاء يمنع خروج هذه الإنزيمات وإتصالها بباقي مكونات الخلية الأخري .

ب) التراكيب الغير حيـة بالسيتوبـلازم :

يحتوي السيتوبلازم علي بعض التراكيب غير الحية نذكر منها ما يأتي :

١) حبيبات التخزين :وهي عبارة عن حويصلات لتخزين المواد الغذائية لحين الحاجة إليها . وتشـمل حبيبات البروتين (مثل حبيبات المح في البيضة) وحبيبات الجليكوجين أو النشا (كما في خلايا الكبـد وحبيبات الدهن (كما في خلايا النسيج الدهني) وغيرها من الحبيبات .

٢) الحبيبات الصبغية والإفرازية وحبيبات نسل :وتتركز الأولي في بعض خلايا الجلد حيث تعطي الخلايا لونا مميزا .وتوجد الحبيبات الإفرازية في الخلايا الغدية وحبيبات نسل في الخلايا البيضية

٣) الحويصلات : الممتلئة بالغازات أوالسوائل وهي مجهولة الوظيفة .

٤) الحطام الخلوي والأجسام الغريبة : وتكثر الأولي في الخلايا الأكولة كما تشمل الثانيـة الميكروبات التي تصيب الجسم فتلتهمها خلايا خاصة مثل كرات الدم البيضاء .

ثالثا : النـــــــواة

وهي مستديرة عادة . يصل قطرها إلي ١٠ ميكرون .تحتوي علي ٨٠ ٪ مـاء . وتتكـون مادتها الصلبة من البروتينات (٨٠٪ من مكوناتها الصلبة) والأحماض النووية (٢٠٪ من مكوناتها

الصلبة) منها ١٨٪ (DNA) و ٢٪ (RNA) . وتسيطر النواة علي الإنقسام الخلوي حيث لا يمكن للخلية أن تنقسم إلا إذا إنقسمت نواتها كما تسيطر علي عملية التكاثر إذ لا يمكن أن يتكون الزيجوت إلا بعد أن تندمج نواتي الحيوان المنوي والبويضة . وتعتبر النواة المركز المحرك لمختلف الأنشطة الحيوية في الخلية . إذ لا يمكن للسيتوبلازم أن يقوم بأي عملية إلا بعد حدوث تبادل خاص بين سائل النواة والسيتوبلازم خلال الغشاء النووي .

ويحيط بالنواة غشاء يعرف بالغشاء النووي الذي يتكون عادة من غشائين يحيط كل منهما بالآخر . ويتشابه كل غشاء منهما تماما مع الغشاء الخلوي . ويوجد علي الغشاء النووي العديد من الثغور الكبيرة نسبيا يتراوح قطرها من ٥٠: ٨٠ نانوميتر . ولا يعتبر هذه الثغور فتحات في الغشاء النووي بل هي عبارة عن مناطق يمتزج فيها غشائي النواة ليكونا غشاء واحدا في منطقة الثغور يسمح بإنتقال المواد الذائبة وحتي العالقة والتي تشمل الريبوسومات من سائل النواة إلي سائل السيتوبلازم .

وتمتلئ النواة من الداخل بالسائل النووي . كما تحتوي علي الشبكة النووية أو الشبكة الكروماتينية التي تتكون من كروموزومات الخلية . كما تحتوي النواة علي نوية حقيقية والتي تعتبر من أكثر مكونات النواة كثافة وتتكون من شبكة من ألياف لولبية ملتفة (Helically - coiled fibres) وهي غنية بالحمض النووي الـ (RNA) ولذا فقد تكون المصدر الوحيد للـ (RNA) في النواة . وتحتوي النواة بالإضافة إلي ذلك علي الكاريوسوم (Karyosome) الذي يشبه النوية ويتكون من تراكم مواد كروماتينية وقليل من اللجنين .

هذا . ويوجد بالسيتوبلازم وبالقرب من النواة وتجاه أحد أقطاب الخلية تركيب شديد الإرتباط بنشاط النواة يعرف بالجسم المركزي أو السنتروسوم (centrosome) وهو عبارة عن كتلة بروتوبلازمية تعرف بالأركوبلازم (Archoplasm) توجد بها حبة أو حبتين تعرف كل منها بالسنتريول (Centriole) . ويصبح الجسم المركزي أكثر وضوحا عند فحصة بالميكروسكوب الضوئي عندما تقترب الخلية من ساعات إنقسامها . حيث ينقسم الجسم المركزي في هذه الحالة إلي قطبي المغزل الذي يهيمن علي إنقسام الخلية .

من كل ما تقدم نري أن وحدة التركيب البنائي للكائن الحي هي الخلية . وتكون الخلايا مع بعضها تركيب خاص يعرف بالنسيج وتتكامل الأنسجة معا في تركيب خاص لتعطي الأعضاء والتي تكون بدورها معا الأجهزة المختلفة لجسم الكائن الحي .

والخلية الحيوانية المجردة متشابهة تقريبا في تركيبها الأساسي في جميع أنسجة الجسم . إلا أنها كثيرا ما تتحور في الشكل والتركيب والوظيفة من نسيج إلي نسيج داخل العضو الواحد بطريقة تمكنها من القيام بوظيفة محددة من بين مجموع وظائف النسيج التي هي عضو فيه مما يعطي لهذا النسيج وظيفة تخصصية تمكنه من القيام بمجموعةمن الوظائف داخل العضو الذي يكون هذا النسيج وحدة في تكوينه

وعلي الرغم من وجود إختلاف بين أنواع الخلايا من حيث الشكل والوظيفةإلا أنها جميعا تشترك معا في صفات مشتركة . فجميع الخلايا مثلا تحتاج إلي مواد غذائية كما تحتاج إلي اكسوجين كعنصر أساسي لإنتاج الطاقة اللازمة لنشاطها عن طريق أكسدة المواد الغذائية مثل الكربوهيدرات والدهون والبروتينات . كما تشترك جميع الخلايا في آلية تحويل المواد الغذائية إلي طاقة وفي طريقة التخلص من المكونات النهائية للتفاعلات الكيميائية في السوائل المحيطة بها . بالإضافة إلي ما تقدم فإن معظم الخلايا قابلة للتكاثر والإنقسام . حيث نجد أنه عندما تتلف إحدي الخلايا من أي نوع لسبب أو لآخر فإن الخلايا المتبقية تنقسم مرة ومرة حتي يتم تعويض عدد الخلايا التالفة من هذا النوع .

التنظيم الوراثي لوظائف الخلية

يعرف الكثيرون ممن لهم إهتمامات خاصة بالعلوم البيولوجية أن العوامل الوراثية أو الجينات تعمل علي توريث الصفات من الآباء إلي الأبناء . إلا أن الكثيرون منهم أيضا لا يعرفون أن نفس تلك الجينات الوراثية لها دور رئيسي في تنظيم عمليات الإنقسام خاصة وجميع الوظائف اليومية لكل خلايا الجسم بصفة عامة . فالجينات تحكم وظائف الخلية عن طريق تحديد نوع المادة أو المواد التي يتم تخليقها داخل الخلية كما تقوم بتحديد التراكيب الكيميائية المتكونة والإنزيمات المطلوبة لإتمام التفاعلات الحيوية التي تحتاجها الخلية . ويمكن تصوير الطريقة التي يتم بها تحكم الجينات الوراثية في مختلف الوظائف الحيوية في الخلية كما يلي :

Gene (DNA)
↓
(RNA) Formation
↓
Protein formation
/ \
cell structure cell enzymes
\ /
cell function

أي أن الجين من الناحية التركيبية عبارة عن الحمض النووي الديزوكسي ريبوزي (DNA) يقوم بطريقة آلية بتكوين الحمض النووي الريبوزي (RNA) الذي ينتشر خلال السيتوبلازم ليقوم بتكوين البروتينات الخلوية . والتي تشمل البروتينات التركيبية (Structural proteins) والتي تكون عند إرتباطها بالليبيدات المختلفة تركيبات خاصة هي عبارة عن حبيبات مختلفة التركيب توجد في الخلية . إلا أن معظم البروتينات المتكونة هي في الواقع عبارة عن إنزيمات تقوم بمختلف التفاعلات الكيميائية داخل الخلايا والتي تلزمها للبقاء . فتقوم الإنزيمات مثلابجميع تفاعلات الأكسدة التي تعتبر مصدر الإمداد المستمر للطاقة اللازمة للخلية . كما تقوم الإنزيمات (وهي مواد بروتينية) بمختلف التفاعلات التي ينشأ عنها تكوين مختلف المركبات الكيميائية في الخلية مثل الليبيدات والجليكوجين والأدينوزين ثلاثي الفوسفات (Adinosine triphosphate (ATP .

من ذلك يتضح لنا أن للحياة سمات خاصة وهي حدوث الكثير من التفاعلات الحيوية التي ينتج عنها الكثير من المواد اللازمة لإستمرارها . كما أن الصفات الخارجية المميزة للكائن الحي وجميع النواتج المتحصل عليها منه ما هي إلا محصلة لسلسلة أو أكثر من التفاعلات الحيوية داخل خلايا متخصصة يتحكم فيها وينظمها مجموعة من الإنزيمات والتي هي في مجموعها مركبات بروتينية يتم تخليقها حيويا عن طريق أوامر أو شفرة خاصة يقوم بإصدارها العامل الوراثي والذي عبارة عن الحمض النووي (DNA) ويقوم بنقلها وتنفيذها حمض نووي آخر (RNA) . أي أن الجينات أو العوامل الوراثية تتحكم إلي أبعد حد في جميع العمليات الحيوية داخل الخلية .

<u>الحمض النووي (DNA) والعوامل الوراثية (الجينات Genes)</u> :

ويكون العامل الوراثي (الجين) من مركبات أساسية تكون الهيكل الأساسي في تكوين أو بناء الحمض النووي (DNA) .تلك المركبات هي : حمض الفوسفوريك ـ السكر الخماسي ديزوكسي ريبوز . أربعة قواعد نيتروجينية : إثنتان منها تقع تحت مجموعة البيورينات (purines) هما الأدينين (Adinine) والجوانين (Guanine) وإثنان من البريميدينات (pyrimidens) وهما الثيمين (Thymine) والسيتوزين (cytosine) . ويكون حمض الفوسفوريك وسكر الديزوكسي ريبوز طرفي الحلزون المميز لشكل الـ(DNA) . بينما تقع القواعد النيتروجينية بين هذين الطرفين وتربطهما ببعضهما كما يلي :

النيوكليوسيدات والنيوكليوتيدات The nucleosides and nucleotides :

تتكون النيوكليوسيدات من إتحاد جزئ من إحدي البيورينات أو البريميدينات مع السكر الخماسي الريبوز أو الديزوكسي ريبوز وعند إتحاد النيوكليوسيد بحمض الفوسفوريك يتكون النيوكليوتيد المقابل وهو ما يمكن تصويره كما يلي :

Nucleotide

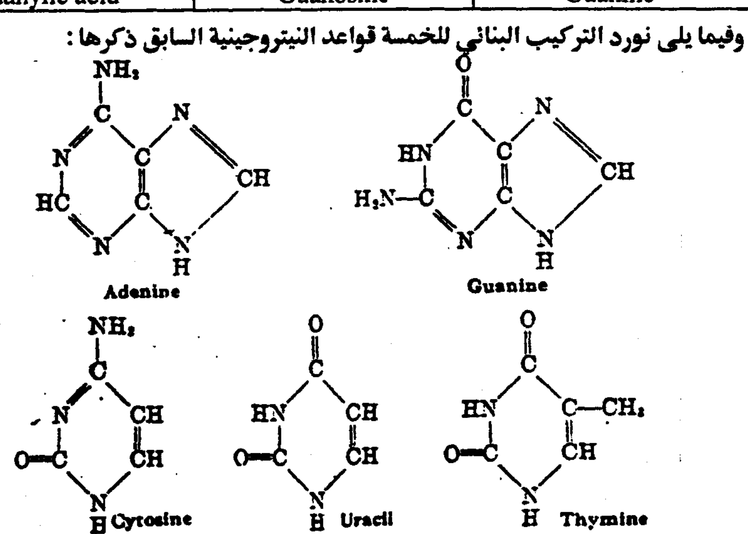
Purine or Pyrimidine — Ribose or Deoxyribose — Phosphoric Acid

Nucleoside

ويأخذ النيوكليوسيد أو النيوكليوتيد إسم القاعدة النيتروجينية الداخلة في تكوينة كما يأتي :

النيوكليوتيد	النيوكليوسيد	القاعدة النيتروجينية
Thymidylic acid	Thymidine	Thymine
Cytodylic acid	Cytodine	Cytosine
Uradylic acid	Uradine	Uracil
Adenylic acid	Adenosine	Adenine
Guanylic acid	Guanosine	Guanine

وفيما يلى نورد التركيب البنائي للخمسة قواعد النيتروجينية السابق ذكرها :



وفيما يلي نورد التركيب البنائي لإحدي النيوكليوتيدات المكونة من القاعدة النيتروجينية الأدنين وهو النيوكليوتيد المعروف باسم حمض الأدينيلك (Adenylic acid) .

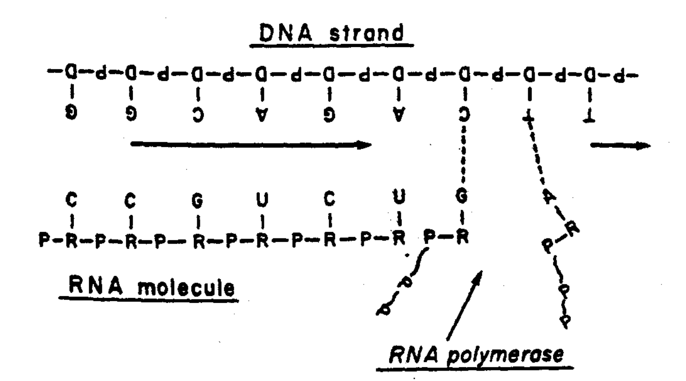
ويتحد الأدينيلك (Adenylic acid) مع الثيميديلك (Thymidylic acid) بينما يتحد الجوانيلك (Guanylic acid) مع السيتيدلك (Cytidylic acid) ويتكون نتيجة لذلك زوج متكامل من النيوكلوتيدات . ويمكن أن ترتبط قواعد كل زوج ببعضها إرتباطا مفككا برابطة هيدروجينية ليكونا الطريقة التي يتصل بها طرفي حلزون الـ(DNA) . حيث يقع أحد أزواج النيوكليوتيدات علي طرف من الحلزون بينما يقع النيوكليوتيد الآخر علي الطرف المقابل له من الحلزون الآخر . ويتصل الإثنان كما ذكرنا برابطة هيدروجينية سائبة بين قواعد النيوكليوتيدات . ويوضح الشكل التالي الطريقة التي يتصل بها العديد من النيوكليوتيدات لتكوين الحمض النووي الـ(DNA) .

ويلاحظ في هذا الشكل تتابع حمض الفوسفوريك مع سكر الديزوكسي ريبوز في كل خيط من خيطي حلزون الـ (DNA) بينما يتحد الخيطان بالقاعدتين النيتروجينيتين .

وترتبط هذه القواعد . كما ذكرنا . مع بعضها برابطة أيدروجينية سائبة جدا رمز لها في الشكل بخط منقط . ونتيجة لكون هذه الرابطة سائبة فإن طرفي خيط الحلزون يمكن أن ينفصلا عن بعضهما بسهولة وهو ما يحدث في كثير من الأحيان خصوصا عند فترات نشاط الخلية .

الشفرة الوراثيــة The genetic code :

تكمن أهمية الحمض النووي الـ(DNA) في قابليته في تنظيم تكوين المركبات المختلفة بالخلية حيث يقوم بهذا العمل عن طريق ما يسمي بالشفرة الوراثية . فعندما ينفصل خيطي حلزون الـ(DNA) عن بعضهما تصبح القواعد النيتروجينية من البيورينات والبريميدينات مكونة نتوءات حرة . ولقد أثبتت الدراسات خلال السنوات القليلة الماضية أن ما يسمي بكلمات الشفرة (code words) تتكون من ثلاثة قواعد نيتروجينية الداخلة في تكوين ثلاثة نيوكليوتيدات متتابعة في أحد خيطي حلزون الـ(DNA) . وتحدد الشفرات المتتابعة طريقة تتابع الأحماض الأمينية في جزيئ البروتين أثناء تكوينه في الخلية . وعليه فإن خيط يحمل الشفرة الخاصة به . فالخيط العلوي في حلزون الـ(DNA) في الشكل التالي يحمل شفرات وراثية هي من اليسار إلي اليمين : GGC , AGA , CCT ... etc وهذه الشفرات مسئولى عن ثلاثة أحماض أمينية هي علي الترتيب Proline , Serine , Glutamic acid



الحمض النووي الريبوزي (RNA) Ribonucleic acid :

طالما كان كل الحمض النووي الـ(DNA) موجود داخل نواة الخلية بينما تتم معظم التفاعلات الحيوية داخل الخلية في السيتوبلازم . فإنه يتحتم وجود سبيل ما للعامل الوراثي (الجين أو الشفرة الورثية) علي الـ(DNA)) الموجود داخل نواة الخلية يمكنه من القيام بتنظيم التفاعلات الحيوية الكيميائية في السيتوبلازم . . ويحدث هذا فعلا عن طريق وسيط وهو حمض نووي من نوع آخر يعرف بالحمض النووي الريبوزي (RNA) Ribonucleic acid والذي يتحدد طبيعة تكوينة بواسطة الحمض النووي الديزوكسي ريبوزي (DNA) والموجود داخل النواة كما أسلفنا . ويتم تكوين الحمض النووي الـ (RNA) عن طريق ما يسمي بعملية النسخ (transcription) . وبعد تمام هذا التكوين ينتقل الـ(RNA) المتكون خارج النواة الي السيتوبلازم حيث يقوم بتنظيم تخليق البروتينات في الخلية . ويوجد ثلاثة صور من الـ (RNA) لكل منها دوره المحدد في عملية تنظيم وتخليق البروتينات في الخلية وهي :

١) الحمض النووي الريبوزي الرسول (mRNA) Massenger Ribonucleic acid

٢) الحمض النووي الريبوزي الناقل (tRNA) Transfer Ribonucleic acid

٣) الحمض النووي الريبوزي الريبوسومي (rRNA) Ribosomal Ribonucleic acid

وقبل أن نبدأ في شرح وظيفة أو دور كل صورة من صور الحمض النووي الريبوزي الـ (RNA) في عملية تخليق البروتينات داخل الخلية يجدر بنا التعرف أولا علي الطريقة التي يقوم بها الـ(DNA) في تنظيم تكوين الـ (RNA) .

يعمل أحد خيطي حلزون جزيئ الـ(DNA) والذي يحتوي علي الشفرة الوراثية كأكلاشيه أو أورنيك (Template) لتكوين الـ (RNA) أما الخيط الثاني فليس له أي وظيفة وراثية ولكنه يعمل علي تكرار الشفرة الوراثية عند إنقسام الخلية . وعليه فإن كلمات الشفرة الموجودة علي الـ (DNA) تكون كلمات شفرة مكملة (Codons) علي الـ (RNA)

ويتكون الحمض النووي الريبوزي (RNA) من خيط واحد مفرد .ويشبه التركيب الهيكلي له نظيره في الـ (DNA) مع وجود خلافين أولهما وجود سكر الريبوز في الـ (RNA) بدلا من سكر الديزوكسي ريبوز الموجود في الـ (DNA) وثانيهما إستبدال القاعدة النيتروجينية الـ Thymine بقاعدة أخري من البريميدينات وهي اليوراسيل (Uracil) . وعليه فتتكون نيوكليوتيدات الحمض النووي الـ (RNA) بنفس الطريقة التي تكونت بها نيوكليوتيدات الحمض النووي الـ (DNA) حيث يوجد أربعة نيوكليوتيدات منفصلة تحتوي أي

منها علي إحدي القواعد النيتروجينية الأربعة الآتية : الجوانين . السيتوزين . الأدينين . اليوراسيل . ويلاحظ أن اليوراسيل في جزيئ الـ(RNA) قد تم إستبداله مكان الثيمين في جزيئ الـ(DNA) كما أسلفنا ذكره .

ويتم تخليق الحمض النووي الـ (RNA) بتنشيط النيوكليوتيدات وذلك بإضافة جزيئين فوسفات لكل نيوكليوتيدة لتكون الصورة ثلاثية الفوسفات منها . ويتصل جزيئي الفوسفات بالنيوكليوتيد علي الـ (RNA) برابطة فوسفاتية عالية الطاقة High -energy phosphate bond يحصل عليها من مركب الأدينوزين ثلاثي الفوسفات (ATP) Adenosine triphosphate ويكون من نتيجة عملية تنشيط نيوكليوتيدات الحمض النووي الـ (RNA) إتاحة كمية كبيرة من الطاقة لها مما يساعد علي تتابع التفاعلات الكيميائية أثناء تكوين سلسلة الحمض النووي الريبوزي الـ (RNA) .

يتجمع جزيئ الـ (RNA) بعد ذلك من النيوكليوتيدات المنشطة بإستعمال الـ(DNA) الفعال وراثيا الذي يعمل كأرنيك لنقل الشفرة الوراثية الموجودة عليه إلي جزيئ الـ (RNA) المتكون وهو ما يسمي بعملية النسخ .وتتم عملية النسخ هذه بإنفصال خيطي الـ (DNA) حيث يستعمل أحدهما في عملية النسخ كما سبق أن ذكرنا . ويجدر بنا أن نعيد التذكير بأن هذا الخيط الفعال من الـ (DNA) يحتوي علي الجينات الوراثية بينما يظل الخيط الآخر خاملا من هذه الناحية . وتتم عملية تكوين الـ (RNA) بمساعدة إنزيم بلمرة الـ(DNA) والذي يسمي (DNA Polymerase) كما يلي :

١) تتصل أولي النيوكليوتيدات المنشطة لـ (RNA) مؤقتا بالقاعدة النيتروجينية البادئة علي خيط الـ (DNA)يتبعها النيوكليوتيدة الأخري علي القاعدة الثانية ... وهكذا .

٢) تشد كل نيوكليوتيدة في مكانها حيث تقع مجاورة للنيوكليوتيدة السابقة لها .

٣) ينفصل جزء البيروفوسفاتPyrophosphate لكل نيوكليوتيدة جديدة . ويكون من نتيجة ذلك خروج طاقة كافية لتكوين رابطة إستر (Ester linkage) بين جزيئ الفوسفات المتبقي علي النيوكليوتيدة وسكر الريبوز علي نهاية جزيئ الـ (RNA) المتكون .

٤) تنفصل الرابطة بين قاعدة نيوكليوتيدة الـ (RNA) السابقة مع خيط الـ (DNA) بعد تكوين الرابطة بين سكر الريبوز وجزيئ الفوسفات مباشرة .

٥) يضاف بعدذلك نيوكليوتيدة أخري نشطة للجزء المتكون من الـ(RNA) بنفس الطريقة السابقة .

ونود هنا أن نعيد التذكير بوجود أربعة قواعد في الـ (DNA) وكذا أربعة قواعد في الـ (RNA) . ونضيف هنا أن نيوكليوتيدات الـ (RNA) تتصل بقواعد الـ(DNA) بطريقة خاصة . وعليه

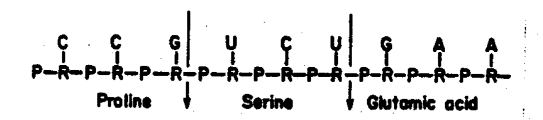
فإن الشفرة الموجودة علي خيط الـ (DNA) تطبع بصورة تكميلية علي جزيئ الـ (RNA) المتكون بالطريقة الموضحة في الجدول التالي . وفيه يتبين نوع النيوكليوتيدة في الـ (RNA) التي تتصل بالنيوكليوتيدة المكملة لها علي جزيئ الـ (DNA) .

قاعدة الـ (RNA) المتكون	قاعدة خيط الـ (DNA) الأورنيك
Cytosin	Guanine
Guanine	Cytosine
Uracil	Adinine
Adinine	Thymine

تخرج جزيئات الـ (RNA) بعد تمام تكوينها خارج النواة لتنتشر في كل أجزاء السيتوبلازم حيث تؤدي وظائف إضافية فيقوم الـ massenger RNA (mRNA) بحمل الشفرة الوراثية المطبوعة عليه إلي السيتوبلازم لتكوين البروتين . أما الـ transfere RNA (tRNA) فيقوم بنقل الأحماض الأمينية اللازمة لتخليق سلسلة جزيئ البروتين المطلوب تكوينة . ويعمل الـ ribosomal RNA (rRNA) علي إرتباط الأحماض الأمينية لجزيئ البروتين المطلوب بتتابع خاص طبقا لما هو موجود علي الشفرة الوراثية المنسوخة علي الـ (mRNA) من الـ (DNA) .

الحمض النووي الريبوزي الرسول Massenger RNA (mRNA) :

يتميز جزيئات الـ (mRNA) بكونها مكونة من خيوط طويلة مستقيمة معلقة في السيتوبلازم وهي تتكون من مئات بلأ من ألآف عديدة من النيوكليوتيدات في خيط مفرد (أي غير مزدوج) يحتوي علي الشفرة الوراثية المكملة لكلمات الشفرة الموجودة علي الـ (DNA) . ويوضح الشكل التالي فترة صغيرة جدا من جزيئ الـ (mRNA) حيث شفراته عبارة عن CCG - UCU - GAA وهي الشفرات المسئولة عن الأحماض الأمينية : البرولين . السيرين . الجلوتاميك علي الترتيب .



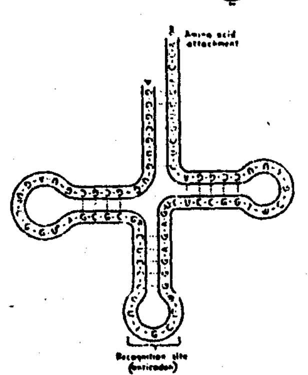
كما يوضح الجدول التالي شفرات الـ (mRNA) الخاصة بالعشرين حمض أميني الداخلة في تكوين جزيئات البروتينات . مع ملاحظة وجود أكثر من شفرة واحدة للحمض الأميني الواحد ووجود شفرة خاصة ببدء تكوين جزيئ البروتين وشفرة أخري لنهاية الجزيئ البروتيني المتكون .

Amino Acid	RNA Codons					
Alanine	GCU	GCC	GCA	GCG		
Arginine	CGU	CGC	CGA	CGG	AGA	AGG
Asparagine	AAU	AAC				
Aspartic acid	GAU	GAC				
Cysteine	UGU	UGC				
Glutamic acid	GAA	GAG				
Glutamine	CAA	CAG				
Glycine	GGU	GGC	GGA	GGG		
Histidine	CAU	CAC				
Isoleucine	AUU	AUC	AUA			
Leucine	CUU	CUC	CUA	CUG	UUA	UUG
Lysine	AAA	AAG				
Methionine	AUG					
Phenylalanine	UUU	UUC				
Proline	CCU	CCC	CCA	CCG		
Serine	UCU	UCC	UCA	UCG		
Threonine	ACU	ACC	ACA	ACG		
Tryptophan	UGG					
Tyrosine	UAU	UAC				
Valine	GUU	GUC	GUA	GUG		
Start (CI)	AUG	GUG				
Stop (CT)	UAA	UAG	UGA			

الحمض النووي الريبوزي الناقل Transfer RNA (tRNA) :

وهو الصورة من الحمض النووي الريبوزي الذي يقوم بنقل جزيئات الأحماض الأمينية من السيتوبلازم إلي حيث يتم تخليق سلسلة البروتين . ويوجد صور عديدة من الـ(tRNA) لكل منها القدرة علي الإرتباط بواحدفقط من الأحماض الأمينية العشرين المكونة للبروتينات . وعليه فتعمل هذه الصورة من الـ(RNA) كحامل ينقل الحمض الأميني الذي يخصه إلي الريبوسومات حيث يتم تخليق جزيئ البروتين . ويحتوي الـ(tRNA) علي حوالي ٨٠ نيوكليوتيد . ويتميز جزيئه بأنه صغير نسبيا - إذا ما قورن بجزيئات الـ(mRNA) - ومثني (folded) علي شكل ورقة البرسيم . وتنتهي إحدي نهايات جزيئ الـ(tRNA) بحمض الأدينيليك (Adenylic acid) حيث يتصل الحمض الأميني المنقول بمجموعة الإيدروكسيل لسكر الريبوز في حمض الأدينيليك . ويحدث إنزيم خاص لكل صورة من صور الـ(tRNA) هذا الإرتباط . كما يحدد هذا الإنزيم نوع الحمض الأميني الذي يتم إتصاله بالـ(tRNA) الخاص به . ويبين الشكل

التالي تتابع النيوكليوتيدات في الـ (tRNA) الناقل للحمض الأميني الألانين . وتشير الثلاثة قواعد الموجودة عند قاعدة هذا الجزيئ (IGC) إلي الشفرة المقابلة (anticodion) علي الـ (tRNA) للشفرة الخاصة بالألانين (CCG , UCG, ACG)علي الـ (mRNA)



The structure of alanyl-transfer RNA. A - adenosine, G - guanosine, C - cytidine, U - uridine, U^h - dihydrouridine, I - inosine, ψ - pseudouridine, = - methyl-.

<u>الحمض النووي الريبوزي الريبوسومي (rRNA) Ribosomal RNA</u> :

وهو الصورة الثالثة من صور الـ (RNA) . وهو يكون نحو ٦٠٪ من الريبوسوم أما الـ ٤٠٪ الباقية فهي عبارة عن بروتين . وبالريبوسوم حوالي ٥٠ نوع من البروتينات بعضها بروتينات تكوينية والبعض الآخر بروتينات إنزيمية ضرورية في عملية تخليق جزيئات البروتين . والريبوسوم هو التركيب الكيميائي الطبيعي الذي يتم تخليق البروتين عليه . ويعمل دائما بالتعاون مع الصور الأخري من الـ (RNA) . فبينما ينقل الـ (mRNA) الشفرة الوراثية التي تحدد نوع الأحماض الأمينية وتتابعها في سلسلة البروتين من الـ (DNA) فإن الـ (tRNA) ينقل تلك الأحماض الأمينية اللازمة من السيتوبلازم إلي الـ (rRNA) ليتم تخليقه وفقا لتعليمات الشفرة الخاصة بذلك

<u>خطوات التخليق الكيميائي للبروتين Chemical steps in protein synthesis</u> :

يوضح الشكل التالي الخطوات الكيميائية التي تحدث أثناء تخليق البروتين من ثلاثة أحماض أمينية (AA) علي سبيل المثال وهي (AA3) , (AA2) , (AA1) رغبة في التبسيط:

١) يتم تنشيط كل حمض أميني بعملية كيميائية بإرتباط الـ (ATP) بالحمض الأميني وتكوين مركب من الحمض الأميني والـ (AMP) :

$$AA1 + ATP \rightarrow AMP - AA1$$

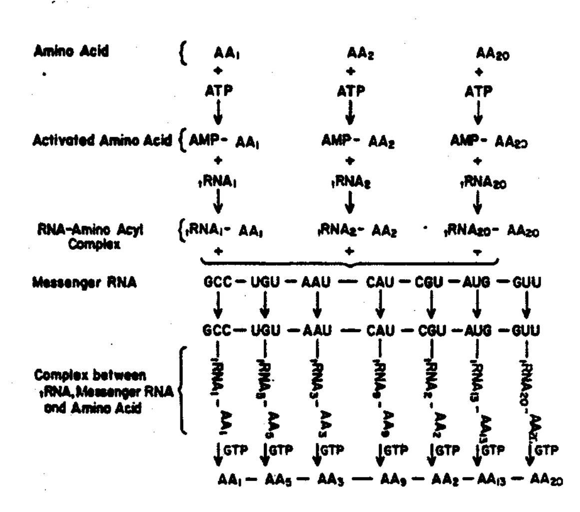
٢) يتحد الحمض الأميني النشـط المحتـوي علي كمية إضافية من الطاقة مع الحمض النووي الريبوزي (tRNA) الخاص به ليكون مركب من الحمض الأميني والـ(tRNA) مع إنفصال (AMP) .

$$AMP - AA1 \; + \; (tRNA1) \; \rightarrow \; tRNA1 - AA1 \; + \; AMP$$

٣) يحمل الـ(tRNA) الحمض الأميني ليكون علي إتصال بالـ(rRNA)حيث يتم وضع الحمض الأميني في ترتيبة المطلوب علي السلسلة في جزيئ البروتينالمتكون . ويتم في الوقت نفسه إستخدام الطاقـة الموجودة في مركب الجوانوزين ثلاثي الفوسفات Guanosin triphosphate (GTP) (وهو مركب طاقة مماثل للـATP) في تكوين الروابط الببتيدية التى تربط الأحماض الأمينية المتتابعة فى سلسـلةالبروتين طبقا للتفاعل التالي :

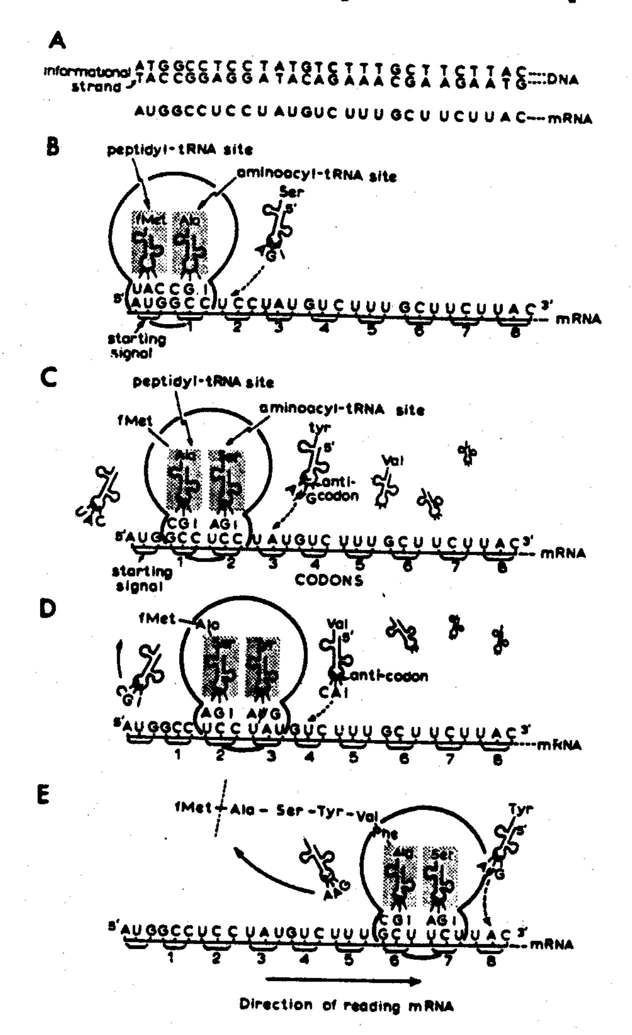
$$R-\underset{NH_2}{\overset{H}{C}}-CO\,\underline{OH + H}\,N(H)-\underset{R}{\overset{H}{C}}-COOH \rightarrow \underbrace{R-\underset{NH_2}{\overset{H}{C}}-CO-NH-\underset{R}{\overset{H}{C}}-COOH}_{Dipeptide} + H_2O$$

وفي هذا التفاعل يتم إزالة مجموعة الإيدروكسيل (OH) من مجموعة الكربوكسيل (COOH) لأحد الحمضين الأمينين وأيدروجين (H) من مجموعة الأمين (NH2) من الحمض الأميني الآخر ليكون ماء بينما يتم إتحاد الأجزاء الباقية من الحمضين الأمينين برابطة ببتيدية .



التخليق الحيوي للبروتينات داخل الخلية Protein biosynthesis in body cells :

يصور الشكل التالي خطوات التخليق الحيوي للبروتينات داخل الخلايا ودور الـ (DNA) والصور الثلاثة للـ RNA في عملية التخليق البروتيني :



من الشكل السابق نري أن :

(A) يمثل نسخ قطعة من الـ (mRNA) من قطعة من الـ (DNA) .

(B) يبين إرتباط إشارة البدء (AUG) للـ (mRNA) بالـ (tRNA) الخاص بالفورمـايل مثيـونين (Formylmethionyl - tRNA) علي الطرف الببتيدي (Peptidyl site) للريبوسـوم (rRNA) بينما شغل الطرف الأميني (aminoacyl site) للريبوسوم بالـ (tRNA) الناقل لحمـض الألانـين- Ala tRNAالموافق للشفرة (GCC)

(C) تحرك الريبوسوم خطوة جهة اليمين وأصبحت الشفرة رقم ١ تحمل الـ (tRNA) الـذي يحمـل الببتيد الثنائي المكون من المثيونين ولألانـين (fMet - Ala) بينما يحمل الطرف الأميني الحمض النـووي الريبوزي الناقل للسيرين (Ser - tRNA) المرتبط بالشفرة الوراثيـة 2 (UCC) .

(D) و (E) إستمرت عملية التكوين خطوة أخري حيث أصبح الطرف الببتـيدي مشغولا بالحمض النووي الريبـوزي الناقل (tRNA) الذي يحمل الببتيد (fMet - Ala - Ser - Tyr - Val - Phe -) Ala ومرتبط بالشفرة 6(GCU) الخاصة بالألانين . بينما أصبح الطرف الأميني مرتبط بالحمض النووي الريبوسومي الناقل للسيرين ومرتبط بالشفرة 7(UCU) .

الهرمونـــات والعوامـــل الـوراثيـــة
Hormones and Genes

تتتابع أنشطة الحياة في الخلية الحية نتيجة لتوجيهات العوامل الوراثية (الجينات) . وتنتظم خلايا الكائنات المتعددة الخلايا في أنسجة مميزة في الشكل ومحددة الوظيفة . لكل خلية من خلايا تلك الأنسجة المقدرة علي القيام بنشاط وظيفي محدد . كما تعمل جميع خلايا النسيج الواحد بطريقة تعاونية لكي تمكن هذا النسيج من أداء الدور المحدد له ضمن مجموعة الأدوار المحددة لمختلف أنسجة العضو ثم الجهاز .

ولقد قام الكثير من البيولوجيين منذ أكثر من قرن بدراسة الطريقة التي يتم بها التحكم في تنظيم وظائف أنسجة الجسم المختلفة والتي تمكن في مجموعها الكائن الحي من إكتساب المرونة اللازمة لمواجهة أي تغير في الظروف البيئية المحيطة أو للوفاء بإحتياجات الجسم في مراحل حياته المختلفة . وهناك حقيقتان نستطيع أن نبني عليهما طبيعة النشاط الوظيفي للخلية وهما :

١) أن النشاط الوظيفي ما هو إلا ناتج العديد من التفاعلات البيوكيميائية التي يتحكم في طبيعة مساراتها العديد من الإنزيمات والتي هي في طبيعتها الكيميائية عبارة عن تكوينات بروتينية .

٢) يقع التخليق الحيوي للبروتينات عامة والإنزيمات بصفة خاصة تحت التأثير التنظيمي للعوامل الوراثية المعروفة بالجينات .

وعليه فإنه أصبح من الثابت الآن وقوع جميع التفاعلات البيوكيميائية في الجسم تحت التأثير التنظيمي الدقيق للعوامل الوراثية . وتحتوي كل خلية متخصصة من خلايا الكائن الحي المتعدد الخلايا علي جهاز متكامل من الجينات التي تحدد صفات هذا الكائن الحي والتي تنتقل إليه من الأبوين عند إندماج الأمشاج (الجاميطات) لذا فإنه من المفروض نظريا أن تتماثل جميع خلايا الجسم في إمكانية تخليق جميع البروتينات الأمر الذي يتناقض مع الواقع التخصصي المميز لخلايا الأنسجة المختلفة . ولإزالة هذه التناقض بين الإحتواء الجيني المتماثل والتخصص الوظيفي المحدد أصبح من الواضح الآن أن عددا ليس بالكثير من جينات النسيج المتخصص يكون ذو فاعلية أو علي الحالة النشطة بينما تكون الجينات الأخري علي حالة غير فعالة أو غير نشطة . ويؤدي إختلاف الخلايا في نوع وعدد الجينات النشطة فيها إلي إختلاف نشاطها الحيوي وبالتالي تعطي لها الصفة المميزة أو التخصص الوظيفي . فالجين المسئول عن تخليق الهيموجلوبين لا يكون نشطا إلا في خلايا الكبد كما وأن نوعية الجينات النشطة في خلايا الكبد تختلف عن تلك الموجودة

في خلايا غدة فوق الكلية (الأدرينال) . وتقوم الجينات النشطة بإعطاء تأثيراتها عن طريق معلومات خاصة (شفرة وراثية) تحمل خارجها علي صورة (mRNA) الأمر الذي ينعدم حدوثة في حالة الجينات الغير نشطة والتي تفتقر إلي القدرة علي إعطاء شفرتها الوراثية . أي تنعدم قدرتها علي تكوين الـ(mRNA) . إلا أنه غير معروف علي وجه التحديد الآن الأسباب التي تؤدي إلي فقد الجين في خلية معينة لنشاطه بينما يكون في حالة نشطة في خلية أخري . غير أنه قد يعزي ذلك إلي وجود نوع معين م·ن الإرتباط الكيميائي بين الـ (DNA) والهستونات (نوع من البروتينات) يؤدي إلي فقد مقدرة الـ(DNA) علي تخليق الـ(mRNA) وهو ما أثبته نتائج التجارب التي أجريت علي الأنوية المعزولة من خلايا الغدة التيموسية للعجول وأنواع أخري من الخلايا

من ذلك نري أن صفات الخلية المميزة والمحددة ما هي إلا إنعكاس لمجموع أنشطة الجينات الموجودة علي حالة فعالة أو نشطة فيها . عندئذ يبرز سؤال : ما هي الطريقة أو الأسباب التي يتغير نتيجتها الجين من الحالة النشطة إلي الغير نشطة أو العكس خلال مراحل حياة الخلية ؟

فالمشاهد إرتباط الجين إلي حد كبير بوظيفة الخلية في وقت معين . كما يمكن للجين أن يظهر تحكما مباشرا لأنشطة الخلايا المتميزة عامة وعلي الخلايا النامية أو التي تظهر قدر من التغير في درجة نشاطها في وقت معين بصفة خاصة . ويتحلل جزء علي الأقل من الـ(mRNA) المتكون بواسطة الجينات النشطة في الخلايا المتخصصة في غضون ساعات مما يحتم ضرورة إستمرار الجين علي حالتة من النشاط لتستمر عملية تخليق البروتينات بطريقة طبيعية . فيوضح عامل الوقت في عملية تنظيم الجين لنشاط الخلية أهمية عامل التنظيم هذاومدي فاعليته . وتستطيع بعض الجينات . بالإضافة إلي ما تقدم - إظهار المقدرة علي التتابع بين الفاعلية وعدم الفاعلية خلال فترة قصيرة من الوقت . فإذا قمنا بحجب الضوء عن ورقة من أوراق النبات . مثلا . فإنها تفقد القدرة علي تكوين الكلوروفيل بينما تستعيد هذه القدرة عند إعادة تعرضها للضوء حيث تبدأ علي الفور في إنتاج الـ(mRNA) اللازم لتخليق الكلوروفيل .

ويكون النشاط الجيني في الخلية الحية في حالة تدفق مستمر . كما أن للجهاز الوراثي في الكائنات عديدة الخلايا المقدرة علي الإستجابة لعوامل البيئة الخارجية . لذا يجب أن تتوافق الخلية بما لديها من إمكانيات وراثية لمواجهة الظروف المتغيرة مع عمليات التمثيل الغذائي . غير أنه إذاكان للخلايا جميعها القدرة علي أن تتوافق عمليات التمثيل الغذائي فيها مع متطلبات التغير في البيئة الخارجية بطريقة متناسقة فإنها تكون في هذه الحالة في حاجة إلي وجود منظم خارجي لذلك . ولقد تجمعت من النتائج المتحصل عليها من التجارب علي العديد من الأجهزة البيولوجية ما يدعو إلي الإعتقاد أنه يمكن تحقيق هذا النوع من

التنظيم خارجيا عن طريق تعديل درجة وإتجاه نشاط الجهاز الوراثي الخلوي المتباين . وإفترض في هذه الحالة إعتبار الهرمونات عوامل خارجية تقوم بعملية تحوير نشاط الجين في الخلية لمواجهة المتغيرات في الظروف البيئية أو تحويل الجين من الحالة الغير نشطة إلي الحالة النشطة .

ولقد بذلت الكثير من الجهود بغرض تفسير آلية النشاط الهرموني في هذا المجال . فإقترح إعتبار الهرمون كقرين إنزيم (Co - enzyme) أي كعامل مساعد في التفاعلات الإنزيمية . أو كعامل تنشيط تكوين الإنزيمات . أو كعامل يحور طبيعة الأغشية الخلوية الخارجية وبذا يؤثر بطريقة مباشرة علي الحالة الطبيعية للتراكيب المختلفة داخل الخلية. ولقد أضيف إلي الفروض السابقة فرض آخر وهو أن للهرمونات تأثير معين علي تنظيم الجهاز الوراثي للخلية . ولقد قام الكثير من الباحثين بدراسة تأثيرات الهرمونات علي نشاط الجين مما أثبت في النهاية أن فرض مسئولية الهرمون عن تنظيم نشاط الجين (Gene regulation) هو أكثر الفروض نجاحا في تفسير معظم الملامح الغامضة للنشاط الهرموني مثل وجود وقت معين بين حقن الهرمون وبداية ظهور تأثيراته البيولوجية في الخلايا . والتباين الواضح بين تلك التأثيرات . وليس هناك من شك أن التأثيرات الهرمونية تأخذ دورها بصورة مستقلة عن نشاط الجين إلا أنه أصبح من الواضح الآن أن للعديد من الهرمونات القدرة علي التأثير علي هذا النشاط . ومما يؤكد ذلك أن كل هذه الهرمونات تظهر عدم القدرة علي إظهار تأثيراتها البيولوجية في حالة منع الجين الذي تؤثر عليه من إظهار نشاطه .

ويمكن توضيح عمل الجينات بواسطة التأ ثير النوعي الواضح للمضاد الحيوي (Actinomycin) حيث يخترق هذا المضاد الحيوي نواة الخلية ويكون مركبا معقدا مع الحمض النووي الـ(DNA) (مادة الجين) . وبذا يصبح الـ(DNA) في هذه الحالة غير قادر علي تخليق الـ(mRNA) .

ولقد تجمعت نتائج الكثير من الدراسات التي أجريت لمعرفة تأثيرات الهرمونات الإستيرويدية بصفة عامة والإستروجينات الناتجة من المبايض بصفة خاصة علي الجينات . فلقد لوحظت زيادة في معدل تخليق البروتينات بما يعادل ٣٠٠٪ في حيوانات التجارب المستأصل مبايضها والتي حقنت بعد ذلك بهرمون الإستروجين . ومما يؤكد هذه الحقيقة (وهي دور الإستروجين في تخليق البروتينات) إمكان تعطيل هذا الدور بإستخدام المضاد الحيوي الـ(Puromycin) الذي يعتبر فعال ومتخصص في تنشيط تخليق البروتين . فلقد لوحظ حدوث زيادة في معدل تخليق البروتينات خلال ٢ : ٤ ساعات من المعاملة بهرمون الإستروجين . إلا أنه لوحظت زيادة مفاجئة في معدل تكوين الـ(mRNA) بعد أقل من ٣٠ دقيقة من المعاملة بالإستروجين . ويفقد الإستروجين تأثيره علي تخليق البروتينات عند إستخدام الإكتينومايسين (Actinomycin) نتيجة لتعطيل

معدل تخليق الـ(mRNA) . ويعني ذلك أنه نظرا لأن عمليات التمثيل الغذائي المختلفة (والتي تحدث في الخلايا الرحمية نتيجة تأثير هرمون الإستروجين) تتم كلها بفعل الإنزيمات البروتينية . لذا فإن دور هرمون الإستروجين في هذه الحالة ينحصر في تحويل الجين من الحالة الغير نشطة إلي الحالة النشطة . وما يستتبع ذلك من تكوين الـ(mRNA) الذي يعمل علي تخليق البروتينات بصفة عامة والإنزيمات بصفة خاصة . ولا يقتصر دور الـ(mRNA) علي تخليق البروتينات بل يتعداه إلي تخليق الأحماض الأمينية (الغير أساسية) وزيادة معدل تخليق الليبيدات والمواد الدهنية والفوسفوليبيدات . وعليه فليس بمستغرب ألا تحدث مثل هذه التحولات التمثيلية داخل خلايا رحم الحيوانات المعاملة بهرمون الإستروجين والتي سبق معاملتها بالـ Actinomycin حيث تؤدي المعاملة بهذا المضاد الحيوي. كما سبق أن ذكرنا. إلي تكوين مركب معقد مع الحمض النووي (DNA) بطريقة تفقده الإستجابة للفعل المنشط للإستروجين فلا يتكون الحمض النووي الـ (mRNA) الذي يعمل علي تخليق البروتينات (الإنزيمات) .

ولا يقف تأثير الإستروجين عند زيادة معدل تخليق الـ(mRNA) بل يتعداه إلي زيادة معدل تخليق النوعين الآخرين من الـ(RNA) وهما الـ(rRNA) والـ(tRNA) . إلا أنه من الملاحظ أن الإستروجين يشجع أولا علي تكوين الـ(mRNA) بعد ذلك تصبح الجينات المسئولة عن تخليق البروتين قادرة علي تكوين الـ (rRNA) والـ(tRNA) . وبذا تظهر هذه الجينات نشاطها في وقت سابق لعملية تخليق البروتينات أو زيادة نسبة تخليقها نتيجة لزيادة عدد الريبوسومات داخل كل خلية . ومن التأثيرات المبكرة لهرمون الإستروجين هو زيادة نشاط إنزيم الـ RNA - DNA Polymerase المسئول عن كل عمليات تخليق الحامض النووي الـ RNA داخل الخلايا .

وعليه يمكن الوصول إلي إستنتاجين أساسيين هما :

١) لا يوجد الآن أدني شك في أن المعاملة بالهرمونات الإستروجينية تؤثر علي مستوي النشاط الجيني وأن التأثيرات المعروفة لهرمون الإستروجين علي خلايا الرحم تكون دائما كنتيجة للنشاط الجيني

٢) أصبح من الواضح أن للإستروجين تأثير علي درجة نشاط عدد كبير من الجينات لكي تستطيع أن تفي بالإستجابات المختلفة والمتعددة الناتجة عن الحقن بهرمون الإستروجين وبوضع الحقيقة القائلة بأن الإستروجين ينبه إنتاج الثلاثة أنواع المختلفة من الـ(RNA) فإن هناك جينين مختلفين علي الأقل لهما علاقة بتخليق الريبوسومات (rRNA) وربما تحتاج كل خلية لإنتاج حوالي ٦٠ نوع من الـ(tRNA) . أما

بالنسبة للـ (mRNA) فإن إختلاف التغيرات الحادثة نتيجة للحقن بالإستروجين يعني أنه تحت هذه التأثيرات فإنه يجب إنتاج العديد من أنواعه المختلفة

وعندئذ تصبح نتيجة لهذه الحقائق مواجهين بالغموض الكبير في عملية تنظيم عمل الجين المتمثل في كيفية إمكان الإستروجين (في مثلنا هذا) إحداث مجموعة من الأنشطة ذات الإتصال الوثيق بالعديد من الجينات المنفصلة في تأثيراتها ؟ بل كيف يكون لهذا التأثير طبيعة خاصة وهي تنشيط العديد من الجينات بدرجة عالية من التتابع .

ويمكن . إلي حد ما . الإجابة علي هذا التساؤل بإعتبار كون تأثير الإستروجين لا ينصب علي الخلايا الرحمية بل يمتد إلي خلايا الكبد أيضا . فعند تكوين البويضة في الدجاجة مثلا ينبه هرمون الإستروجين المفرز من المبيض خلايا الكبد لتكوين بروتينات الصفار المسماه Phosvitin , Lipovitellin ومن الواضح أن الديك لا يكون في حاجة إلي تكوين هذه البروتينات . ولكن إذا عومل الديك بالإستروجين فإن خلايا كبده تبدأ في إنتاج هذه البروتينات بكمية كبيرة . ولقد أوضح Carlsen ومعاونيه أن تأثير الإستروجين علي تنشيط الجين هو تأثير تخصصي . فالفوسفيتين Phosvitin عبارة عن بروتين غير عادي حيث تتكون نصف وحداته البنائية تقريبا من نوع واحد عبارة عن بقايا الحمض الأميني السيرين Serine . ويقوم الإستروجين بتنشيط خلايا الكبد لإنتاج أنواع معينة من الـ (tRNA) ترتبط بهذا الحمض الأميني لتنقلها إلي الريبوسومات لتكوين هذا النوع من البروتين . ويختلف تأثير الإستروجين علي خلايا الكبد عن تأثيره علي الخلايا الرحمية . فلا يتوقف التخصص الهرموني علي الهرمون نفسه بل يتوقف علي الخلايا التي يؤثر عليها هذا الهرمون .

وعليه يمكن أن تطرح عدة تساؤلات منها :

١) كيف يختار هرمون معين مجموعة محددة من الجينات ليقوم بتنشيطها ؟

٢) هل هذه الجينات معدة للإستجابة للتأثير المنشط لهذا الهرمون ؟

٣) كيف لا ينصب تأثير الهرمون علي جين معين فحسب بل يتعدي تأثيره إلي كل جهاز التحكم الوراثي في الخلية

ويظهر الهرمون الذكري (التستوستيرون Testosterone) تأثيراته عن طريق التنشيط الجيني . وهو في ذلك يشبه الإستروجين في أنه يسبب زيادة هائلة في تخليق الـ (mRNA) في مختلف الخلايا . ولقد أظهرت التجارب التي أجريت علي ذكور وإناث الفئران أن تأثير التستوستيرون علي خلايا الكبد في الإناث يكون مختلفا إلي حد ما عن تأثيراته علي خلايا الكبد في الذكور المخصية . فيسبب الهرمون زيادة في كمية الـ (mRNA) المتكون في كلا الحالتين . إلا أنه يسبب إنتاج نوع جديد من الـ (mRNA) في الإناث . ويشبه هذا

التأثير تأثير الإستروجين علي تنبيه خلايا الكبد في الديوك لإنتاج بروتينات الصفار مما يعطي مفهوما جديدا لمعرفة الأسباب الأساسيي للإختلافات الجينية .

ويتميز هرمون الكورتيزول المفرز من قشرة غدة فوق الكلية بتأثيراته المتعددة علي مختلف أنسجة الجسم وتكون بعض تأثيرات هذا الهرمون محكومة بالعوامل الوراثية . كما يبدو أن بعض الإستجابت للكورتيزول ما هي إلا نتيجة للنشاط الجيني . فينبه حقن هذا الهرمون في حيوانات التجارب المنزوع غددها الفوق كلوية إنتاج مجموعات جديدة من البروتينات والتي تضم الإنزيمات اللازمة لتخليق الجلوكوز (وليست المسئولي عن تحلله) وكذلك الإنزيمات التي تدخل في تمثيل الأحماض الأمينية . بل أنه فوق ذلك كله يزيد الإنتاج الكلي من البروتينات في خلايا الكبد . ويظهر تأثير هرمون الكورتيزول علي تخليق الـ (mRNA) بعد خمسة دقائق من الحقن . ويضاعف كمية المنتج من الـ (mRNA) مرتين أو ثلاثة خلال ٣٠ دقيقة من الحقن . ولا تقتصر هذه الزيادة علي الـ (mRNA) بل تتعداها إلي الـ (rRNA) ويستتبع ذلك زيادة في النشاط الإنزيمي . وعلي العكس لوحظ إخفاق خلايا الكبد علي تكوين الإنزيمات الجديدة عند الحقن بالمضاد الحيوي الـ Actinomycin .

ولقد بين (Isidor) مثال آخر علي تنشيط الجينات بواسطة هرمونات قشرة فوق الكلية بإستخدام هرمون الألدوستيرون الذي يعمل علي تنظيم مرور أو درجة نفاذية أيونات البوتاسيوم والصوديوم خلال الجدر الخلوية . فعند دراسة تأثير الألدوستيرون المرقم والمشع (Radioactively labeled ahdosterone) علي درجة نفاذية جدر خلايا المثانة في الضفدعة وجد أن جزيئات الهرمون إتخذت طريقها داخل أنوية خلايا المثانة مع زيادة معدل مرور أيونات الصوديوم من خلال جدرها بعد ساعة ونصف حيث وصل تركيز الهرمون داخل الخلية إلي أعلي مستوي له . وعزي سهولة مرور هذه الأيونات خلال جدر الخلايا إلي تخليق البروتينات في الخلية حيث لا تزداد نفاذية أيونات الصوديوم عند معاملة الحيوانات بالبيوروميسين(Puromycin) (الذي يعيق تخليق البروتينات في الخلية) قبل معاملتها بالألدوستيرون . كما أن معاملة الخلايا بالـ Actinomycin يعيق أو يثبط تأثير الألدوستيرون علي زيادة معدل مرور أيونات الصوديوم خلال أغشية الخلايا . وتؤكد كل هذه النتائج أن الألدوستيرون ينشط الجينات داخل الأنوية مما يؤدي إلي زيادة معدل تخليق البروتينات (علي صورة إنزيمات) والتي تزيد بدورها من معدل مرور أيونات الصوديوم خلال جدر الخلايا .

سوائل الجسم

Body fluids

لسوائل الجسم أهمية كبري للعمليات الفسيولوجية في مختلف أعضاء الجسم .وتمثل سوائل الجسم علي إختلاف صورها (أي المحتوي المائي الكلي)٥٠ :٧٠٪ من وزن الجسم الخالي من الدهن . ويختلف هذا المحتوي المائي بإختلاف عوامل كثيرة منها العمر وإختلاف الأنسجة والأعضاء والمحتوي الكلي من الدهن في الجسم . ويتمتع المحتوي المائي الكلي للجسم بدرجة عالية من الثبات عن طريق التوازن الحادث بين كمية الماء المكتسبة وكميته المفقودة . إلا أنه قد يكون هذا الإتزان سالبا أو موجبا في بعض الحالات . ويحدث الإتزان الموجب للمحتوي المائي الكلي بالجسم في الحالات التي تزيد فيها كمية الماء المكتسبة عن كميته المفقودة . وهوما يحدث في حالات تكوين أنسجة جديدة (النمو) أو عند الشفاء من الأمراض الحادة أو أثناء الحمل . أما الإتزان السالب في المحتوي المائي بالجسم فيحدث في الحالات التي تقل فيها كمية الماء المكتسبة أي تزيد فيها كمية الماء المفقودة وهو ما يتحقق في حالات الجفاف عند حدوث الحروق والقيئ أو الإسهال الشديد .

<u>طرق إكتساب الجسم للماء</u> : يكتسب الجسم الماء بإحدي الطرق الآتية أو بها مجتمعة :

١) تناول الحيوان الماء عن طريق الشرب أوعن طريق السوائل الموجودة في المواد الغذائية المختلفة .

٢) الماء الناتج عن عمليات التمثيل الغذائي أثناء أكسدة أيون الإيدروجين من المواد الغذائية . وهوعادة ما يمتاز بدرجة عالية من الثبات . وتتوقف كميته علي معدل التمثيل الغذائي . ويتكون حوالي ١٤ر : ١٥ر ملليلتر من الماء لكل كيلوكالوري من الطاقة الناتجة .

<u>طرق فقد الجسم للماء</u> : يفقد الجسم الماء بإحدي الطرق الآتية أو بها مجتمعة :

١) <u>عن طريق البول</u> : حيث يفقد الجسم كمية كبيرة من الماء عن هذا الطريق . فيفقد الإنسان مثلا حوالي ١٥٠٠ ملليلتر من الماء يوميا . وتنخفض هذه الكمية إلي حوالي ٥٠٠ ملليلتر في حالات المجهود العضلي الشديد أو عند إرتفاع درجة الحرارة الجوية . وتنظم هذه الكمية من الماء المفقود عن طريق الكلي بمساعدة هرمون الـ ADH .

٢) <u>عن طريق الروث أو البراز</u> : حيث يفقد الإنسان مثلا حوالي ٢٠٠ ملليلتر من الماء يوميا .

٣) عن طريق العرق : وينعدم أهميته كطريق من طرق فقد ماء الجسم في الحيوانات التي يخلو جلدها من الغدد العرقية مثل الكلاب وتزداد في الحيوانات الأخري مثل الحصان . وتتوقف كمية العرق علي درجة حرارة الوسط المحيط بالحيوان وكمية المجهود العضلي الذي يقوم به . فتزداد كميته عند إرتفاع درجة الحرارة الجوية وبزيادة المجهود العضلي والعكس صحيح .

٤) الفقد غير المحسوس من الماء : وهو الفقد من الماء الحادث عن طريق التبخير من الجلد أو من الجهاز التنفسي (علي صورة بخار الماء الخارج مع هواء الزفير) . وتتوقف كمية الماء المفقودة عن هذا الطريق علي درجة حرارة الوسط الذي يعيش فيه الحيوان وعلي معدل التنفس . كما يزداد كميته بزيادة درجة الحرارة الجوية مع إنخفاض نسبة الرطوبة والعكس صحيح . ويعمل الكولستيرول الذي يملأ الطبقة القرنية للجلد كمانع لزيادة كمية الفقد من الماء عن طريق التبخير من الجلد . فإذا حدث وتم تدمير هذه الطبقة كما هو الحال في حالات حدوث الحروق الشديدة ترتفع كمية الفقد من الماء عن طريق التبخير إلي حد قد يصل إلي ٣ : ٥ لترا يوميا في الإنسان . مما يشكل خطرا كبيرا علي إستمرار الحياة .

وتتراوح كمية الفقد من الماء عن طريق الرئة في الإنسان إلي حوالي ٣٠٠ : ٤٠٠ ملليلتر يوميا . وتتوقف كمية الماء المفقودة بهذه الطريقة علي درجة حرارة ونسبة الرطوبة في هواء الشهيق .

توزيع المحتوي المائي الكلي بين سوائل الجسم المختلفة :

يتوزع المحتوي المائي الكلي للجسم Total body water (TBW) والذي يبلغ حوالي ٦٠٪ من الوزن الكلي للجسم الخالي من الدهن بين قسمين رئيسيين من سوائل الجسم وهما :

١) السوائل الخلوية الخارجية Extra cellular fluid (ECF) : وهي السوائل الموجودة خارج خلايا الأنسجة المختلفة من الجسم . وتمثل حوالي ٢٠٪ من المحتوي المائي الكلي .وتشمل سوائل الجسم الخارجية ثلاثة أقسام هي :

أ) البلازما : وتمثل حوالي ٥٪ من مجموع السوائل الخلوية الخارجية .

ب) السوائل البين خلوية Interstitial fluids (IF) : وهو الجزء من السوائل الخلوية الخارجية الموجودة خارج الجهاز الوعائي بالجسم وتمثل حوالي ١٥٪ من مجموع السوائل الخلوية الخارجية

جـ) سوائل الأنسجة الخاصة Transcellular fluids (TCF) : وتوجد بين خلايا بعض الأنسجة الخاصة مثل غشاء البللورا والمسافات البريتونية . كما تمثل الإفرازات المختلفة للجسم مثل

العصارات الهضمية وغيرها . وتمثل جزء ضئيل من السوائل الخلوية الخارجية . وينفصل هذا النوع من السوائل عن الدم ليس فقط عن طريق الأنسجة الإندوثليومية للأوعية الدموية ولكن تنفصل عنه بالإضافة إلي ذلك عن طريق الأنسجة الطلائية لهذا التراكيب المتميزة .

٢) السوائل الخلوية الداخلية (ICF) Intra cellular fluids : وهي السوائل الموجودة داخل خلايا الأنسجة المختلفة للجسم . وتمثل حوالي ٤٠٪ من المحتوي المائي الكلي في الجسم . وتنفصل عن سوائل الجسم الخارجية عن طريق الغشاء الخلوي للخلايا .

طرق تقدير حجم سوائل الجسم المختلفة :

يمكن قياس حجم أي جزء من سوائل الجسم المختلفة عن طريق ما يسمي بالأساس التخفيفي أو الـ Dilution principal . وفي هذه الطريقة يتم حقن مقدار معين من مادة خاصة يختلف نوعها بإختلاف الجزء من سوائل الجسم المراد قياسه . ويتم حقن هذه المادة في الوريد . ثم يترك وقت بعد الحقن يكفي لتمام توزيع المادة المحقونة في السائل أو سوائل الجسم المختلفة المراد تقدير حجمها . ويتوقف هذا الوقت علي طبيعة المادة المحقونة . تؤخذ بعد ذلك عينة من الدم لتقدير درجة تركيز المادة المحقونة في البلازما . وبذا يمكن تقدير حجم سائل الجسم المراد تقديره كما يلي :

إذا فرض أننا حقنا مقدار من المادة قدره (س) ملليجرام . وبعد فترة من الوقت تكفي لتمام توزيعها جيدا وجد أن تركيز هذه المادة في البلازما هو ٠٢, ملجم / ملليلتر من البلازما فيكون كمية سائل الجسم المراد تقديره هو ناتج قسمة كمية المادة المحقونة بالملليجرام علي تركيز هذه المادة في السائل المراد تعيين حجمة بالملليجرام لكل ملليلتر طبقا للمعادلة الآتية :

كمية السائل المراد تقدير حجمه = كمية المادة المحقونة(س) ملليجم ÷ ٠٢, ملجم / ملليلتر بلازما

فإذا كانت المادة المحقونة ذات طبيعة تمكنها من الإختلاط بالبلازما (كما هو الحال في صبغة الإيفان الزرقاء Evans blue) فيكون الحجم المحسوب بالطريقة السابقة ممثلا لحجم البلازما .

أما إذا كانت المادة ذات طبيعة تمكنها من الإختلاط بالبلازما وسوائل الجسم الخارجية إلا أنها لا تستطيع إختراق الأغشية الخلوية (مثل السكر والمانيتول والترايوسيانات والصوديوم والكلور المشعين) فإن الحجم المقدر بهذه الطريقة يكون مماثلا لحجم السوائل الخلوية الخارجية . أما إذا كانت المادة المحقونة ذات قدرة علي التوزيع بين كل سوائل الجسم المختلفة مثل الماء الثقيل والتريتيوم فإن الحجم المقدر يكون ممثلا للحجم الكلي لسوائل الجسم .

البيئة الداخلية والثبات الذاتي
The Internal Environment and Homeostasis

عرفنا فيما سبق أن أكثر من ٥٠٪ من وزن جسم أي حيوان تام التكوين يتكون من سائل يوجد جزء منه داخل الخلايا ويسمي بالسائل الخلوي الداخلي (Intra cellular fluid (ICF بينما يوجد الجزء المتبقي منه خارج الخلايا في المسافات البين خلوية ويعرف بالسائل الخلوي الخارجي Extra cellular fluid (ICF) . ويعتبر السائل الخلوي الخارجي في حالة حركة مستمرة وثابتة داخل الجسم . حيث ينتشر بسرعة عن طريق الدورة الدموية . ويحتوي هذا السائل علي جميع الأيونات والمواد اللازمة لحفظ النشاط الخلوي . وعليه فإن كل خلايا الجسم تعيش في بيئة داخلية موحدة نظرا لإحاطتها بالسائل الخلوي الخارجي المتجانس التركيب . لذا فإنه عادة ما يطلق علي هذا السائل إسم البيئة الداخلية او الـ (Internal environment) . وهو الإصطلاح الذي أطلقه الفسيولوجي الفرنسي كلودبرنارد في القرن التاسع عشر .

وللسائل الخلوي الخارجي أهمية خاصة لحفظ الحياة للخلايا التي يحيط بها . فتستطيع هذه الخلايا الحياة والنمو وإظهار نشاطها الحيوي فقط حينما يتوفر لها تركيزات خاصة من الأكسوجين والجلوكوز والأحماض الدهنية والأمينية ومختلف الأيونات في السائل الخلوي الخارجي المحيط بها أي في البيئة الداخلية .

ويحتوي السائل الخلوي الخارجي علي كميات كبيرة من الصوديوم والكلوريد والبيكربونات بالإضافة إلي العناصر الغذائية الأخري مثلاً الأكسوجين والجلوكوز والأحماض الدهنية ولأمينية . كما يحتوي علي ثاني أكسيد الكربون الذي ينتقل من الخلية إلي السائل الخلوي الخارجي ثم إلي الرئتين ليتم التخلص منه . بالإضافة إلي إحتوائه علي نواتج التمثيل الغذائي الغير لازمة والتي تنتقل من الخلية بنفس الطريقة إلي الكليتين ليتم التخلص منها عن طريق إفرازها في البول .

ويختلف السائل الخلوي الداخلي (الموجود داخل الخلايا) عن السائل الخلوي الخارجي بإحتوائه علي كميات كبيرة من أيونات البوتاسيوم والماغنيسيوم والفوسفات بدلا من أيونات الصوديوم والكلوريد الموجودين في السائل الخلوي الخارجي . ويتم تبادل هذه الأيونات خلال الغشاء الخلوي بطريقة خاصة تؤدي إلي حدوث حالة من الإتزان والإبقاء علي الإختلاف التكويني بين السائلين الخلويين الداخلي والخارجي .

لذا نجد أن هناك حالة من الثبات في تكوين السوائل الخلوية بصفة عامة والسائل الخلوي الخارجي بصفة خاصة وهو ما يطلق عليه إصطلاح الثبات الذاتي ***Homeostasis*** الذي يعني إستاتيكية أو ثبات البيئة الداخلية (السائل الخلوي الخارجي) .

وتقوم كل أعضاء الجسم بل وكل أنسجته بالمشاركة في إحداث هذا النوع من الثبات . فتقوم الرئتان مثلا بإمداد السائل الخلوي الخارجي بالأكسوجين لتعويض الفقد منه نتيجة إستهلاك الخلايا له في عمليات الأكسدة لإنتاج الطاقة اللازمة لها . وتعمل الكليتان علي الإبقاء علي ثبات التركيزات الأيونية بالتخلص من الزائد منها والإحتفاظ بما هو في حاجة إليه . كما تمد القناة الهضمية السائل الخلوي الخارجي بالمواد الغذائية اللازمة لتعويض ما يفقد منه لإستخدامات الخلايا .

والسائل الخلوي الخارجي متصل في جميع أجزاء الجسم حيث ينتقل إليها علي مرحلتين : الأولي عن طريق الدورة الدموية (الدم) أما الثانية فهي عن طريق إنتقال هذا السائل إلي المسافات البين خلوية من جدر الشعيرات الدموية حيث تتمتع الشعيرات الدموية بوجود جدر لها ذات تركيب خاص يسمح بإنتقال السوائل وما تحتويها من مكونات ذائبة عن طريق الإنتشار (Diffusion) . وتتم عملية الإنتشار هذه نتيجة للإنتقال الحركي للجزيئات بين كل من البلازما والسائل الخلوي الخارجي وهو ما يعلل إستمرار إنتقال السوائل وما تحتويها من جزيئات ذائبة في كل الإتجاهات(أي من الخلية وإليها) خلال الثغور والمسافات بين الأنسجة وغيرها . ومما يؤكد ذلك عدم بعد أي خلية من خلايا الجسم عن الأوعية الدموية أكثر من ١٥ : ٢٠ ميكرون مما يساعد علي ضمان حدوث الإنتشار لأي مادة من الشعيرات الدموية إلي الخلية عن طريق السائل الخلوي الخارجي خلال ثواني قليلة . وعليه فيكون السائل الخلوي الخارجي في حالة إمتزاج دائم علي طول مناطق الجسم سواء أكان في البلازما أو في السوائل الموجودة في المسافات البين خلوية مما يؤدي إلي الإبقاء علي التجانس بينها . وهو ما يؤدي إلي ثبات البيئة الداخلية أو ال Homeostasis .

ويعتبر الجهاز التنفسي والقناة الهضمية والكبد والجهاز العضلي الهيكلي والأعضاء المشاركة في عمليات التمثيل الغذائي بالجسم هي الأعضاء التي تقوم بإمداد السائل الخلوي الخارجي بكل العناصر الغذائية . فيقوم الدم بحمل الأكسوجين - خلال دورته في الرئتين - عن طريق إتحاده مع هيموجلوبين كراته الحمراء . ذلك الأكسوجين اللازم لجميع خلايا الجسم والذي يشارك في عمليات الأكسدة للمواد الغذائية لإنتاج الطاقة اللازمة لها . ومما يساعد علي ذلك رقة الجدر الفاصلة بين الحويصلات الرئوية والشعيرات

الدموية الرئوية حيث يتراوح سمكها ما بين ٤, : ٢ ميكرون . وينتشر الأكسوجين خلال الغشاء في الدم بطريقة مماثلة للإنتشار الماء والمواد الغذائية ونواتج التمثيل الغذائي من الأنسجة إلي الأوعية الدموية المحيطة بها .

ويمر جزء كبير من الدم خلال جدر الأعضاء الهضمية حيث يتم إمتصاص مختلف المواد الغذائية الذائبة والتي تمثل الكربوهيدرات والأحماض الدهنية والأمينية والإلكتروليتات وغيرها لينقلها الدم إلي السائل الخلوي الخارجي علي طول إمتداد الجسم . ولا يمكن للخلايا إستخدام كل المواد الغذائية الممتصة من القناة الهضمية علي الصورة التي يتم إمتصاصها بها بل يلزم تحويلها إلي صورة أخري أكثر قابلية للإستخدام . ويقوم الكبد بتغيير التركيب الكيميائي للكثير من المواد الغذائية الممتصة وتحويلها إلي صورة أكثر ملائمة للخلايا . وتساعد الكثير من الأنسجة والأعضاء الأخري مثل الخلايا الدهنية والنسيج المخاطي للقناة الهضمية والغدد الصماء علي تحوير التركيب الكيميائي لبعض المواد الغذائية الممتصة أو تخزينها لحين الحاجة إليها .

ويشارك الجهاز العضلي الهيكلي في إحداث الثبات الذاتي عن طريق إعطاء الجسم المقدرة علي الحركة والإنتقال للحصول علي الغذاء الذي يوفر العناصر الغذائية اللازمة للسائل الخلوي الخارجي . كما يساعد هذا الجهاز علي وقاية الحيوان ضد الأخطار المحيطة والتي قد تؤدي إلي الفتك به ككل . وبالتالي تؤدي إلي حدوث خلل في ثبات بيئته الداخلية .

ويتم التخلص من النواتج النهائية للتمثيل الغذائي في السائل الخلوي الخارجي عن طريق الرئتين والكليتين . فيتم التخلص من ثاني أكسيد الكربون أثناء الزفير في الوقت الذي يتم فيه إستخلاص الأكسوجين أثناء مرور الدم في الدورة الدموية الرئوية . ويعتبر ثاني أكسيد الكربون من أكثر المركبات التمثيلية تكوينا أثناء معظم تفاعلات التمثيل الغذائي . ويتخلص الدم من معظم المواد الموجودة بالبلازما . والتي تمثل مختلف نواتج التمثيل الغذائي النهائية والتي لا حاجة للخلايا بها . أثناء مروره خلال الكليتين بالإضافة إلي الأيونات الزائدة والماء الذي قد يكون تراكم في السائل الخلوي الخارجي . وتتم هذه العملية بترشيح كمية كبيرة من الماء الموجود بالبلازما من خلال الكريات الكلوية في الأنيبيات الكلوية ثم بإعادة إمتصاص بعض الماء مع ما يحتويه من مواد ذائبة يكون الجسم في حاجة إليها مثل الجلوكوز والأحماض الأمينية وبعض الأيونات . وبذا يتم التخلص من نواتج التمثيل الغذائي الضارة مثل اليوريا وحمض البوليك وغيرها .

تنظيم وظائف الجســـم

يعتبر الجهاز الوراثي والعصبي و الهرموني الأجهزة الحاكمة المنظمة للوظائف المختلفة لأجهزة الجسم والمحدثة للإستجابات المناسبة لمختلف متغيرات البيئة الخارجية التي قد تؤثر علي درجة الثبات في البيئة الداخلية . تلك الإستجابات التي تمنع حدوث أي تغير شديد في البيئة الداخلية للجسم .

فمن المعروف جيدا أن أجزاء الجهاز العصبي المختلفة الحسي (Sensory portion) منها والمحرك (Motor portion) بالإضافة إلي الجهازين العصبي المركزي (Central nervous system) والذاتي (Autonomic nervous system) تشارك مشاركة فعالة في تنظيم وظائف الجسم المختلفة . فتقوم عناصر الجزء الحسي من الجهاز العصبي والتي تشمل الجلد والأعين والأذن والأنف بتحديد حالة الوسط المحيط بالحيوان ونقل الإحساس بمتغيرات البيئة الخارجية أو الداخلية إلي الجهاز العصبي المركزي الذي يتكون من المخ والحبل الشوكي والأعصاب الطرفية . يقوم الجهاز العصبي المركزي بتخزين المعلومات وتوليد الأفكار والأفعال الإنعكاسية الملائمة لمتغيرات أي من البيئتين الخارجية أو الداخلية حيث ينقلها إما للجزء الحركي للجهاز العصبي ليقوم بتنفيذ الإستجابات العضلية أو إلي الجهاز الهرموني ليقوم بتنفيذ الإستجابات الكيميائية عن طريق تنشيط الجهاز الوراثي ليقوم بالتخليق الحيوي للإنزيمات الازمة لإحداث التفاعلات الكيميائية التي تقلل من تأثير المتغير البيئي . ويعمل الجزء الأكبر من عناصر الجهاز العصبي والمعروف بالجهاز العصبي الذاتي (Autonomic nervous system) بطريقة تلقائية لتنظيم الكثير من الوظائف التي تقوم بها الأعضاء الداخلية كالقلب وحركة القناة الهضمية وإفراز الكثير من الغدد القنوية وغير القنوية .

وتقوم مختلف الغدد الصماء بالجسم بإفراز مواد كيميائية تعرف بالهرمونات . تنتقل بواسطة السوائل البين خلوية (الدم والسائل الخلوي الخارجي) إلي كل أجزاء الجسم لتساهم في تنظيم مختلف الوظائف الحيوية . فتفرز الغدة الدرقية مثلا هرمون الثيروكسين الذي يساعد علي تمثيل الطاقة بالقدر الذي يمكن من تحقيق درجة مناسبة من نشاط أجزاء الجسم المختلفة . كما يقوم الإنسيولين (هرمون البنكرياس) بتنظيم تمثيل الجلوكوز متعاونا مع هرمون الجلوكاجون (المفرز من البنكرياس أيضا) في حفظ الثبات الذاتي لسكر الجلوكوز في الدم لضمان الإمداد المستمر من مصادر إنتاج الطاقة , وتعمل بعض هرمونات قشرة غدة فوق الكلية علي تنظيم أيونات الجسم والتمثيل الغذائي للبروتينات . وعليه فيمكن إعتبار الهرمونات جهازا تنظيميا مكملا للجهاز العصبي .

ويمكن القول بصفة عامة بأن الجهاز العصبي ينظم النشاط العضلي والإفرازي في الجسم بينما ينظم الجهاز الهرموني العمليات الحيوية التمثيلية المختلفة .

ويحتوي الجسم أيضا علي عدة آلاف من أجهزة التنظيم التي تعمل علي تنظيم الثبات الذاتي للبيئة الداخلية أي ثبات مكونات السائل الخلوي الخارجي . ولعل أكثر هذه الأجهزة فاعلية هي أجهزة التنظيم الوراثية (Genetic control system) والتي تعمل علي تنظيم وظيفة السائل الخلوي الخارجي بل وكل العمليات الحيوية في جميع الخلايا . فمن المعروف أن التفاعلات الكيميائية الحيوية في الجسم تتم بفعل النشاط الإنزيمي. ولما كانت كل الإنزيمات بروتينات يقوم الجهاز الوراثي وحدة بتخليقها لذا فللجهاز الوراثي أهمية في إحداث تفاعلات الإستجابات الكيميائية لتأثير المتغيرات البيئية

وتعمل الكثير من الأجهزة التنظيميةداخل مختلف الأعضاء علي تنظيم وظائف أجزاء معينة منه بينما تعمل بعض الأجهزة الأخري داخل الجسم علي تنظيم العلاقة بين الأعضاء المختلفة . فيعمل الجهاز التنفسي بالتعاون مع الجهاز العصبي علي تنظيم تركيز ثاني أكسيد الكربون في السائل الخلوي الخارجي كما يعمل كل من الكبد والبنكرياس علي تنظيم تركيز الجلوكوز . وتنظم الكلي تركيز أيونات الإيدروجين والصوديوم والبوتاسيوم والفوسفات وغيرها في السائل الخلوي الخارجي

أمثلة لتوضيح ميكانيكية تنظيم بعض الوظائف بالجسم :

١) تنظيم تركيز الأكسوجين وثاني أكسيد الكربون في السائل الخلوي الخارجي :

يعتبر الأكسوجين واحد من أهم العناصر اللازمة في جميع التفاعلات الكيميائية في مختلف الخلايا . حيث يعتمد سرعة حدوث هذه التفاعلات . إلي حد كبير . علي تركيز هذا العنصر في السائل الخلوي الخارجي . لذا تحدث ميكانيكية تنظيم خاصة للحفاظ علي توفير تركيز معين وثابت من الأكسوجين في هذا السائل . وتعتمد هذه الميكانيكية أساسا علي الخصائص الكيميائية للهيموجلوبين الموجود كمكون أساسي في كل كرات الدم الحمراء . ويتميز الأكسوجين بقابلية للإتحاد المفكك بالهيموجلوبين مكونا مركب يعرف بالأوكسي هيموجلوبين.

$$Hb + O_2 \rightarrow HbO_2$$

ويتم هذا الإتحاد في الرئتين ولا ينفصل الأكسوجين عن الهيموجلوبين إلا في سائل أي نسيج من أنسجة الجسم المحتوي علي كمية غير كافية منه حيث يساعد هذا علي إنفصال الأكسوجين عن

الهيموجلوبين لتعويض النقص الحادث في أكسوجين السائل الخلوي الخارجي حتي يصل تركيزه في هذا السائل إلي الدرجة المناسبة .وعليه فيعتمد تركيز الأكسوجين في الأنسجة أساسا علي الخصائص الكيميائية للهيموجلوبين وهوما يسمي بوظيفة الأكسوجين التنظيمية(Oxygen-buffering function)

ويتم تنظيم تركيز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في السائل الخلوي الخارجي بطريقة مختلفة تماما عن الطريقة التي يتم بها تنظيم تركيز الأكسوجين . ويعتبر الـ(CO_2) أحد النواتج النهائية لعمليات الأكسدة في الخلايا . فإذا تراكمت كمية كبيرة منه في سائل أي نسيج فإن ذلك يؤدي إلي تثبيط بل ومنع حدوث تفاعلات الأكسدة وإنتاج الطاقة . إلا أن هناك فعل عصبي خاص يقوم بتنظيم خروج (CO_2) من الرئتين بطريقة تؤدي إلي الإحتفاظ بتركيز ثابت ومناسب منه في السائل الخلوي الخارجي . ويؤدي إرتفاع تركيز (CO_2) إلي تنشيط مركز التنفس محدثا زيادة سرعة وعمق التنفس مما يؤدي إلي زيادة معدل التخلص من هذا الغاز من الدم وبالتالي من السائل الخلوي الخارجي وتستمرهذه العملية إلي أن يعود (CO_2) إلي تركيزه الطبيعي . ويتم التخلص من (CO_2) كما يلي

$$Hb + H \rightarrow HH$$
$$HHb + CO_2 \rightarrow HHbCO_2$$
$$HHbCO_2 \rightarrow HHb + CO_2$$
$$HHb \rightarrow Hb + H$$

تنظيم الضغط الشرياني Regulation of artial pressure :

تشارك الكثير من الأجهزة في تنظيم الضغط الشرياني . ولعل أهم خصائص تلك الأجهزة وجود ما يعرف بمستقبلات الضغط (Baroreceptor) والتي توجدعلي معظم الشرايين الكبيرة في الجزء العلوي من الجسم وعلي الأخص عند منطقة تفرع الشريان السباتي والقوس الأورطي . ويسبب تمدد جدر الشرايين عند إرتفاع ضغط الدم تنبيه هذه المستقبلات بدرجة كبيرة . تنتقل الإشارات العصبية الدالة علي زيادة ضغط الدم الشرياني من مستقبلات الضغط إلي نخاع المخ فتثبط المركز العصبي المحرك للأوعية الدموية (Vasomotor center) والذي يعمل علي نقل تنبيهات عصبية عن طريق الجهاز العصبي الذاتي فتقلل من النشاط الإنقباضي للقلب مما يسهل مرور الدم من الأوعية الطرفية ويؤدي ذلك إلي خفض الدم وإرجاعه إلي حالته الطبيعية . وعلي العكس فإنه عند إنخفاض الضغط الشرياني فيؤدي إرتخاء جدر الشرايين إلي تنبيه مركز تحريك الأوعية الدموية ليصبح أكثر نشاطا مما يساعد علي إرتفاع الضغط الشرياني وإرجاعه إلي حالته الطبيعية .

خصائص أجهزة التنظيم

Characteristics of control systems

إن الأمثلة السابقة التي قدمناها لشرح طبيعة تنظيم الثبات الذاتي للبيئة الداخلية ما هي إلا واحدة من مئات الأجهزة في الجسم التي تشترك جميعها في خصائص مميزة لها وهو التأثير الإغتذائي العكسي السالب Negative feedback والتأثير الإغتذائي العكسي الموجب Possitive feedback

١) التأثير الإغتذائي العكسي السالب Negative feedback :

تعمل معظم أجهزة التنظيم في الجسم عن طريق التأثير العكسي السالب والتي يمكن شرح طبيعتها بنفس أمثلة تنظيم الثبات الذاتي السابق الإشارة إليها .

ففي حالة تنظيم تركيز ثاني أكسيد الكربون. تزداد التهوية الرئوي عند إرتفاع تركيز هذا الغاز في السائل الخلوي الخارجي مما يزيد من معدل فقد هذا الغاز عن طريق الرئتين فيقل تركيزه في السائل الخلوي الخارجي . وعليه فإن الإستجابة العصبية هنا سالبة بالنسبة للمنبه الأصلي . وعلي العكس يؤدي إنخفاض تركيز الغاز إلي تأثير سلبي عكسي خلال جهاز التنظيم مما يؤدي إلي رفع تركيز هذا الغاز . فالإستجابة هنا عكسية أيضا بالنسبة للمنبه الأصلي .

وفي ميكانيكية تنظيم الضغط الشرياني - فإن إرتفاع الضغط يحدث مجموعة من التفاعلات تؤدي إلي خفض الضغط كما أن إنخفاض الضغط يحدث مجموعة من التفاعلات تؤدي إلي رفع الضغط . فالتأثيرات في الحالتين عكسية سالبه بالنسبة للمنبه الأصلي .

ويمكن تلخيص خاصية الفعل الإغتذائي العكسي السالب بأنه عند زيادة أوانخفاض تأثير أي عامل إلي الحد الذي يرفع أو يخفض أحد مكونات البيئة الداخلية. فإن ذلك يدفع أجهزة التنظيم إلي إحداث نوع من التأثيرات التي يسمح بحدوث مجموعة من التفاعلات أو التغيرات في إتجاه عكسي وبطريقة تعيد حالة الإتزان والثبات في البيئة الداخلية .

٢) التأثير الإغتذائي العكسي الموجب كمسبب للنفوق Possitive feedback :

قد يتساءل المرء : لم تعمل كل أجهزة التنظيم في الجسم أساسا بطريقة التأثير الإغتذائي العكسي السالب أكثر من عملها بطريقة التأثير الإغتذائي العكسي الموجب ؟ وللإجابة علي ذلك وبعد معرفة طبيعة التأثير الإغتذائي العكسي الموجب نجد أنه لا يؤدي إلي إعادة حالة الثبات الذاتي بل يؤدي إلي مضاعفة حالة عدم الثبات والتي تؤدي إلي نفوق الحيوان .

فلو فرض أن لقلب حيوان ما القدرة علي ضخ ٥ لتر من الدم في الدقيقة الواحدة . فإذا فقد الحيوان لتران من دمه . فإن كمية الدم المتبقية (٣لتر) لا يكفي القلب لأن يضخها بكفاءة . فينخفض ضغط الدم وينخفض بالتالي معدل رجوع الدم إلي القلب عن طريق الأوردة مما يؤدي بالتالي إلي ضعف مقدرة القلب علي ضخ الدم لبطء مروره إلي القلب وقلة الإمداد الدموي للشرايين التاجية المغذية لعضلة القلب مما يزيد من ضعفه وعدم مقدرته علي دفع الدم . وبتكرار هذه العملية يتزايد مقدار النقص في كمية الدم الراجعة إلي القلب وبالتالي يزداد إنخفاض كفاءة القلب ونبضه تدريجيا إلي الحد المسبب للنفوق.فتؤدي كل دورة دموية إلي إنخفاض كفاءة القلب.وهومايعبرعنه بالتأثير الإغتذائي العكسي الموجب. و يمكن للتأثير الإغتذائي العكسي السالب التغلب علي التأثير الإغتذائي العكسي الموجب الأقل شدة. فإذا قلت كمية الدم المفقودة إلي لتر واحد بدلا من لترين.فإنه يمكن للتأثير الإغتذائي العكسي السالب (تنظيم الدفع القلبي والضغط الشرياني) أن يتغلب علي تأثيرات التأثير الإغتذائي العكسي الموجب الناشئ عن تتابع إنخفاض ضغط الدم نتيجة لقلة كمية الدم في الدورة الدموية .

طرق إنتقال المواد خلال الأغشية الخلوية

تتوقف درجة النشاط الحيوي للخلية علي درجة السهولة التي يمكن لها أن تكتسب المواد أو تفقدها من وإلي السائل البين خلوي (البيئة الداخلية) . فلا يمكن أن تعيش الخلية أو أن تعمل إلا عندما يكون من المتاح لها أن تحصل علي كل إحتياجاتها من الأكسوجين والأحماض الأمينية والدهنية والمواد الكربوهيدراتية والأملاح والماء والمواد الكيميائية الأخري . كما أنها تفقد قدرتها علي النشاط ما لم تستطع أن تتخلص من نواتج عمليات التمثيل الغذائي التي قد تتراكم بداخلها .

من هذا كله نجد أنه يلزم لإستمرار نشاط إي خلية حدوث تبادل بين كل من السائل الخلوي الداخلي (الموجود داخل الخلية نفسها) والسائل الخلوي الخارجي (أي السائل البين خلوي) والذي يمثل البيئة الداخلية . فينفذ داخل الخلية المواد اللازمة لنشاطها بينما يخرج من الخلية المواد التي هي في غير حاجة إليها بل والتي يمثل بقاؤها داخل الخلية إضرار بها . وهو ما يطلق عليه إنتقال المواد

ويتم إنتقال المواد في أي من الإتجاهين (من الخلية واليها) خلال الغشاء الخلوي تبعا للقوانين الطبيعية لإنتقال المواد خلال الأغشية المنفذه وشبه المنفذة . إلا أنه أحيانا ما يكون

الإنتقال بهذه الطريقة الطبيعية غير كافي لسد إحتياجات الخلية من مواد معينة وبتركيزات خاصة وفي أوقات محددة وبسرعة إنتقال خاصة . لذا تتدخل في عملية الإنتقال قوي حيوية أخري .

وعليه يمكن تقسيم طرق إنتقال المواد عبر الأغشية الخلوية من وإلي الخلية إلي طريقين أساسيين هما :

١) إنتقال المواد بفعل قوانين الطبيعة ويسمي بالإنتقال السلبي Passive transport

٢) إنتقال ضد ما تسمح به قوانين الطبيعة ويسمي الإنتقال الإيجابي أو الفعال Active transport

وسنقدم فيما يلي شرحا موجزا لكل طريقة من هاتين الطريقتين :

أولا : الإنتقال السلبي أو الغير فعال Passive transport : ويقصد به إنتقال المواد في إتجاه معين متفق مع القوانين الطبيعية دون أن يكون للقوي الحيوية للخلية أي دور في هذا الإنتقال . فدور الخلية في هذا النوع من الإنتقال سلبيا ولا فعالية له حيث لا تبذل الخلية إي قدر من الطاقة في حدوثه . ويتم الإنتقال بهذه الطريقة إما لإختلاف في تركيز المواد أو في الضغط الهيدروستاتيكي أو الإسموزي .

الإنتشـــار Diffusion :

ويعتبر من أهم طرق الإنتقال السلبي أو الغير فعال . ولا يتم الإنتشار إلا في حالة تساوي الضغوط الهيدروستاتيكية للمحلولين الخلويين الداخلي والخارجي الموجودين علي جانبي الغشاء الخلوي وتنتشر المواد الذائبة في هذه الحالة في إتجاه المحلول الأقل تركيزا من المحلول الأعلي تركيزا حتي يصل التركيز لكلا المحلولين إلي درجة التساوي . وهو ما يسمي بوضع التعادل (Equilibrium position) . ويصح هذا إذا كانت جميع المواد الذائبة في كلا المحلولين قابلة للإنتشار (Diffusable) . فالإنتشار في هذه الحالة عبارة عن تتابع وإستمرار إنتقال المواد القابلة للإنتشار بطريقة عشوائية . أما عندما تختلف الضغوط الهيدروستاتيكية للمحلولين علي جانبي الغشاء الخلوي فيتم إنتقال الماء والمواد الذائبة فيه عن غير طريق الإنتشار . بل يتم بطرق الإنتقال الفعال

وتكون كل أيونات وجزيئات المواد ـ والتي تشمل الماء والمواد الذائبة في سوائل الجسم ـ في حركة مستمرة وثابتة . ويكون لكل جزيئ حركته الخاصة وبطريقة عشوائية . ولا تتوقف تلك الحركة أبدا إلا عند درجة الصفر المطلق . وأثناء حركة الجزيئات ـ إذا إقترب جزيئ متحرك (A) بجزيئ آخر ثابت (B) فإن القوي الإلكتروستاتيكية والبين جزيئية تجعل الجزيئ المتحرك (A) يدفع الجزيئ الثابت (B) ويكسبه بعض الطاقة الحركية (Kinetic energy) بينما تقلل حركة الجزيئ

(A) لفقده جزء من طاقته الحركية . وعليه يقفز الجزيئ وسط الجزيئات الأخري في إتجاه واحد أولا ثم في إتجاه آخر وآخر وبذلك تكون الحركة عشوائية ولمئات بل لملايين المرات كل ثانية . وبمضي الوقت ينتقل الجزيئ بهذه الطريقة إلي مسافات بعيدة قبل أن يصطدم بجزيئ ثاني وهكذا . وتسمي الحركة المستمرة للجزيئات مع بعضها سواء أكانت تلك الحركة في السوائل أو في الغازات بالإنتشار

وتنتشر الأيونات بنفس الطريقة التي تنتشر بها الجزيئات .كما تحذو الجزيئات الكبيرة العالقة في حركتها نفس الحذو . غير أن معدل إنتشار تلك الجزيئات يكون أقل سرعة من المواد الجزيئية .

حركات الإنتشار وفرق التركيز Kinetics of diffusion and concentration difference :

لو فرضنا وكان لدينا إناء به مذيب معين وضع في أحد جوانب هذا الإناء كمية كبيرة من المادة الذائبة . فإن تلك المادة الذائبة تبدأ في الإنتشار تجاه الجانب الآخر من الإناء . فإذا وضعت كمية مماثلة من المادة المذابة عند الجانب المقابل من الإناء فإن تلك المادة تبدأ أيضا في الإنتشار تجاه الجاني المقابل من الإناء إلي أن تساوي الكمية المنتشرة من المادة في كلا الإتجاهين . ويساوي صافي معدل الإنتشار في هذه الحالة (صفرا) . فإذا فرضنا وكان تركيز المادة المذابة أعلي عند أحد جانبي الإناء منه عند الجانب الآخر فيكون صافي معدل الإنتشار Net rateof diffusion للمادة المذابة من الجانب الأعلي تركيزا إلي الجانب الأقل تركيزا مساويا نسبيا للفرق بين التركيز الأعلي والتركيز الأقل .

صافي معدل الإنتشار = التركيز الأعلي - التركيز الأقل

ويسمي التغيير الكلي للتركيز علي طول محور الإناء الطولي بفرق التركيز Concentration difference

ويسمي ناتج قسمة فرق التركيز علي المسافة بإنحدار الإنتشار Diffusion gradient

وتقل سرعة إنتشار أي جزئ من نقطة إلي أخري بزيادة حجمه . فلا تنتشر الجزيئات الكبيرة بكثافة نتيجة لإصطدامها بجزيئات أخري فتقلل من سرعتها . وعليه فيتناسب معدل الإنتشار تناسبا عكسيا مع الجذر التربيعي للوزن الجزيئ للمادة كما أنها تتأثر بشكل الجزئ أيضا .

ويمكن تلخيص العوامل المختلفة التي تؤثر علي معدل إنتشار المواد من وسط إلي آخر فيما يلي فيزداد معدل الإنتشار كلما :

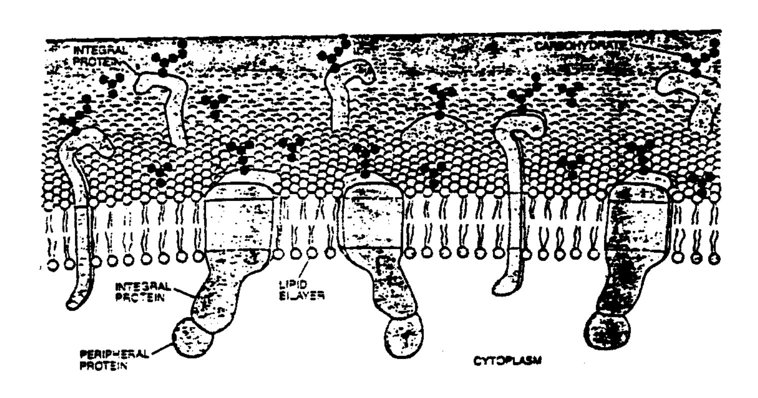
١) زاد فرق التركيز
٢) قلت قيمة الجزر التربيعي للوزن الجزيئ
٣) قصرت مسافة الإنتشار .
٤) زاد المقطع العرضي للإناء الحادث فيه الإنتشار
٥) إرتفعت درجة الحرارة (لزيادة حركة الجزيئات المنتشرة)

ويمكن التعبير عن العلاقة بين تلك العوامل بالمعادلة الآتية :

$$\text{معدل الإنتشار} = \frac{\text{فرق التركيز} \times \text{المقطع العرضي للمساحة} \times \text{درجة الحرارة}}{\text{الجزر التربيعي للوزن الجزيئي} \times \text{المساحة}}$$

الإنتشار خلال الغشاء الخلوي :

يعتبر الغشاء الخلوي كتلة من مادة ليبيدية Lipid matrix تتخللها جزيئات من البروتين . وقد تنفذ بعض من تلكالجزيئات البروتينية خلال الغشاء الخلوي كله . ويمثل الشكل التالي تفاصيل تركيب الغشاء الخلوي :



ولا تستطيع جزيئات الماء والجزيئات الصغيرة الذائبة ـ علي ما يبدو ـ أن تنفذ بسهولة خلال الغشاء الخلوي . أي تنفذ من أحد جوانب الغشاء إلي الجانب الآخر . ويعمل الجزء الدهني من الغشاء الخلوي كحد فاصل محدد بين السائلين خارج وداخل الخلية لكونه وسط مختلف في طبيعته عن وسط تلك السوائل . ويتم إنتشار الجزيئات سواء أكانت جزيئات الماء أو المواد الذائبة خلال الغشاء الخلوي بإحدي طريقتين :

١) إذابة الجزيئات المنتشرة في الكتلة الدهنية من الغشاء الخلوي ثم إنتشارها خلاله بنفس الطريقة التي يتم بها إنتشار الجزيئات خلال الماء .

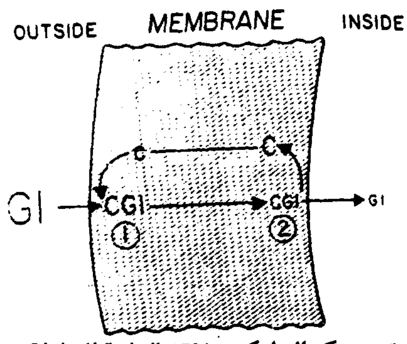
٢) الإنتشار خلال الثغور الضيقة جدا والموجودة في الغشاء الخلوي في المسافات بين الجزيئات داخل جزيئات البروتين التي تتخلل الغشاء الخلوي .

أولا : الإنتشار علي الحالة الذائبة خلال الكتلة الليبيدية من الغشاء الخلوي :

من المعروف أن القليل من المواد قابلة للذوبان في ليبيدات الغشاء الخلوي بجانب قابليتها للذوبان في الماء . وتشمل هذه المواد ذات الأهمية الفسيولوجية الأكسوجين - ثاني أكسيد الكربون . الكحول . الأحماض الدهنية . بعض المركبات الأخري الأقل أهمية . فتذوب تلك المواد في الكتلة الليبيدية للغشاء الخلوي ثم تنتشر داخلها بنفس الطريقة التي تنتشر بها في الوسط المائي علي جانبي الغشاء الخلوي . أي أن لجزيئ المادة المنتشرة في الكتلة الليبيدية للغشاء الخلوي حركته العشوائية داخل مادة الغشاء المماثلة لحركته العشوائية في السوائل المحيطة بالغشاء . غير أن لزوجة الدهن العالية - والتي تبلغ ٣٠٠ مثل لزوجة الماء - تبطئ معدل إنتشار المادة خلاله علي نفس القدر علي الرغم من قابلية الدهن للإذابة .

وتعتبر قابلية أي مادة للذوبان في الكتلة الليبيدية للغشاء الخلوي العامل المحدد الأول لمدي سرعة إنتشارها خلال الغشاء . فإذا كانت قابلة للذوبان في الكتلة الليبيدية للغشاء فإنها تنتشر بسهولة خلال الغشاء . وإذا كانت درجة ذوبانها في الدهن تساوي ٣٠٠ مرة درجة ذوبانها في الماء فإنها تنتشر في الوسط الدهني للغشاء أسرع بكثير من إنتشارها في الوسط المائي للسوائل المحيطة بالغشاء الخلوي . وعليه فلا يمكن لأي مادة ضعيفة الذوبان في الدهن مثل الجلوكوز والماء والإلكتروليتات المختلفة أن تمر خلال الكتلة الدهنية للغشاء الخلوي .

وعموما . فتستطيع بعض المواد المرور خلال الكتلة الدهنية للغشاء الخلوي _ علي الرغم من ضعف درجة ذوبانها في الليبيدات وذلك عن طريف ما يسمي بالناقل المنظم Carrier mediated أو ما يسمي بالإنتشار الميسر Facilitated diffusion وهي الطريقة التي يمكن لجزيئات السكر والأحماض الأمينية من المرور خلال الغشاء الخلوي . ولما كان الجلوكوز هو أهم أنواع المركبات من الوجهة الفسيولوجية التي يتحتم إنتقالها خلال الغشاء الخلوي فيمكن بيان طريقة إنتشاره عن طريق الحامل أو الناقل المنظم في الشكل التالي :



ومن الرسم نجد أنه يتحد سكر الجلوكوز (GL)بالمادة الحاملة (C)عند النقطة رقم (1) من الغشاء لتكوين مركب من السكر والمادة الحاملة (CGL) قابلة للذوبان في الدهن . وبالتالي يمكن لهذا المركب الإنتشار خلال الكتلة الدهنية (الليبيدية) للغشاء . أو علي الأقل يمكنه الإنتقال والتحرك بواسطة دوران (Rotation) الجزيئات الكبيرة للمادة الحاملة تجاه الجانب الآخر من الغشاء الخلوي . وعند وصول المركب للنقطة رقم (2) ينفصل جزيئ الجلوكوز عن المادة الحاملة له . وعندئذ يمر السكر خارج الغشاء الخلوي إلي داخل السيتوبلازم بينما يتحرك جزيئ المادة الحاملة له عائدا إلي النقطة رقم (1) ثم إلي خارج الغشاء الخلوي ليرتبط مع جزيئ جلوكوز آخر لينقله بنفس الطريقة . وعليه فينحصر دور المادة الحاملة في جعل الجلوكوز قابلا للذوبان في الغشاء الخلوي لأنه دون تلك المادة الحاملة لا يستطيع جزيئ السكر المرور خلال ذلك الغشاء .

ويتوقف معدل إنتشار المواد خلال الغشاء الخلوي بطريقة الإنتشار الميسر علي :

١) الفرق بين تركيز المادة بين السوائل علي جانبي الغشاء الخلوي .
٢) الكمية المتاحة من المادة الحاملة .
٣) السرعة التي يتم بها التفاعلات الكيميائية أو الطبيعية .

ويزيد معدل إنتقال الجلوكوز وبعض الأحماض الأمينية تحت تأثير هرمون الإنسيولين (وهو الهرمون الأساسي الذي يفرزه البنكرياس) فيمكن لكميات كبيرة من الإنسيولين زيادة معدل إنتقال الجلوكوز بمقدار ٧ : ١٠ مرات سواء عن طريق زيادة كمية المادة الحاملة المتاحة في الغشاء الخلوي أو عن طريق زيادة معدل حدوث التفاعلات الكيميائية بين الجلوكوز والمادة الحاملة . غير أنه لا يستطيع ترجيح أي الطريقين لإحداث آلية تأثير هرمون الإنسيولين .

ولا زالت المعلومات المتاحة عن طبيعة المادة الحاملة للجلوكوز قليلة . ويمكن لتلك المادة الحاملة أن ترتبط ببعض السكريات الأحادية الأخري مثل المانوز والجلاكتوز والزيلوز والأرابينوز وبالإضافة إلي الجلوكوز . غير أنها لا تستطيع الإرتباط بالسكريات الأحادية الأخري . وبالتالي لا تستطيع تلك السكريات الإنتقال عبر الغشاء الخلوي .

وللبروتين ذو الوزن الجزيئ ٤٥٠٠٠ القدرة علي الإرتباط بالسكريات الأحادية والمرور خلال الأغشية الخلوية بالطريقة السابقة (طريقة الإنتشار الميسر) وعليه ساد الإعتقاد علي إعتبار تلك البروتينات هي المادة الحاملة لسكر الجلوكوز والسكريات الأحادية الأخري .

وتتشابه الكثير من آليات عملية الإنتشار الميسر مع تلك الخاصة بالإنتقال الفعال أو النشط والتي سيأتي ذكرها فيما بعد . مع وجود إختلاف بسيط بينهما . وهو إمكان إنتقال المواد عكس التركيز أي من الوسط الأقل تركيزا إلي الوسط الأعلي تركيزا والعكس بواسطة آليات الإنتقال النشط أو الفعال . بينما تستطيع آليات الإنتشار الميسر من نقل المواد في إتجاه التركيز فقط .

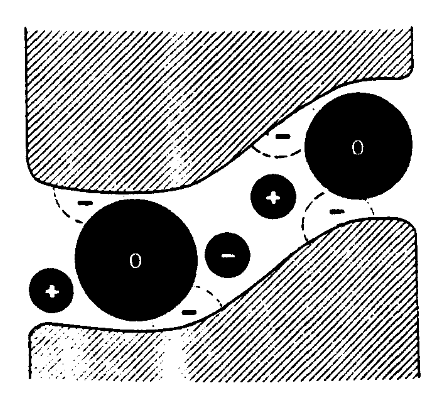
وتتلخص أهم أوجه الإختلاف بين عملية الإنتشار الميسر والإنتشار العادي أو البسيط في تناسب معدل الإنتشار البسيط مع الفرق بين تركيز جزيئات المادة المنتشرة علي جانبي الغشاء الخلوي بينما لا تنعقد تلك العلاقة إلا عند إنخفاض تركيز المادة المنتشرة علي جانبي الغشاء الخلوي . غير أنه تتحدد سرعة الإنتشار عند زيادة فرق تركيز المادة المنتشرة علي جانبي الغشاء بمقدار المتاح من المادة الحاملة بالإضافة إلي معدل حدوث التفاعلات بين المادة القابلة للإنتشار والمادة الحاملة لها .

<u>ثانيا</u> : <u>الإنتشار عن طريق ثغور الغشاء الخلوي</u> :

تميل بعض المواد مثل الماء وبعض الأيونات الذائبة إلي الإنتقال خلال الغشاء الخلوي عن طريق ثغور الغشاء Membrane pores . ولا يعرف حتي الآن طبيعة تلك الثغور . والسائد الآن أنها عبارة عن جزيئات كبيرة من البروتين تخترق الغشاء الخلوي مكونة ما يشبة الممر الذي يسمح بحركة المواد الذائبة في الماء خلال المسافات البين جزيئية لجزيئات البروتين . وعليه فتسمي ثغورا لما لها من قدرة علي تكوين فتحات داخل الغشاء الخلوي بأقطار تبلغ ٠٫٨ نانوميتر أو ٨ أنجستروم . وتمثل مجموع تلك الثغورا : ٥٠٠٠ من مساحة سطح الغشاء الخلوي . وتستطيع جزيئات الماء الإنتشار بسرعة كافية خلال تلك الثغور علي الرغم من المساحة السطحية الضئيلة

التي تمثلها . وتبلغ سرعة إنتشار جزيئات الماء خلال الغشاء الخلوي لبعض الخلايا مثل كرات الدم الحمراء حوالي عشر الثانية .

ويحاط السطح الخارجي للثغور بأيونات سالبة . والتي قد تكون أيونات الكربوكسيل أو الفوسفات لجزيئ بروتين الثغر.ويمكن تصوير التركيب التخطيطي لإحدي هذه الثغور في الشكل التالي



ويبين الشكل وجود العديد من جزيئات المادة خلال الفتحة . ويساوي أقصي قطر لتلك الجزيئات قطر الثغر نفسه وهو حوالي ٨ر نانوميتر .

العوامل ا لمؤثرة علي نفاذية ثغور الغشاء الخلوي :

تعرف النفذية بأنها معدل الإنتقال خلال ثغور الغشاء الخلوي عند فرق تركيز معين . ويتوقف معدل النفاذية أو قابلية أي مادة لإنتشار خلال ثغور الغشاء الخلوي علي العوامل الآتية :

١) **حجم ثغور الغشاء الخلوي** : فيزيد معدل الإنتشار إذا قل متوسط قطر المادة المنتشرة عن قطر الثغر الموجود علي الغشاء الخلوي .

٢) **شحنة الإلكترون المار في الثغر** : فيوجد ثلاثة أنواع من القوي الكهربائية المؤثرة علي معدل الإنتشار وهي :

١) الشحنات المبطنة للثغر . ٣) الطاقة الإماهية Hydration energy للأيونات

٣) فرق الجهد علي جانبي الغشاء ٤) بعض العوامل الأخري .

اولا : كثافة الشحنات المبطنة للثغر :

تحاط ثغور الغشاء الخلوي بشحنات كهربائية موجبة أو سالبة . وتسمح مجموعة من الثغور - التي تعرف بقنوات الصوديوم Sodium channels . بإنتشار أيونات الصوديوم بسهولة . وتحاط هذه الثغور بكثافة عالية من الشحنات السالبة التي يمكنها جذب أيونات الصوديوم الموجبة داخل الثغر ثم تنقله من جانب من الثغر إلي الجانب الآخر . وبذا تسهل الحركة السريعة لأيونات الصوديوم خلال تلك الثغور . وعلي النقيض تقابل الأيونات الموجبة الأخري كبيرة الحجم - مثل أيونات البوتاسيوم . صعوبة في المرور خلال تلك الثغور أو قنوات الصوديوم نظرا لكبر حجم تلك الأيونات . ومن جهة أخري تحاط الفتحات المقابلة لقنوات الصوديوم بشحنات كهربائية موجبة لا تساعد علي إستقطاب أيونات الصوديوم بل علي العكس تدفعها بعيدة عن الفتحة وبالتالي تمنعها من المرور في الإتجاه العكسي والإحتفاظ بوجودها داخل الخلية . وتسمي تلك الفتحات الداخلية بالبوابات (gates)

ثانيا : الطاقة الإماهية (Hydration energy) للأيون :

ترتبط معظم الأيونات بالماء إرتباطا مفككا . وتزيد الطاقة الإماهية للأيون كلما صغر حجمه فالطاقة الإماهية لأيونات الصوديوم أعلي من أيونات البوتاسيوم . وتؤخر الطاقة الإماهية حركة الأيونات خلال الثغور أو الفتحات الموجودة في الغشاء الخلوي . فتعرقل الطاقة الإماهية العالية لأيونات الصوديوم إنتقال تلك الأيونات خلال الثغور أكثر من أيونات البوتاسيوم . لإمكان إنفصال جزيئ الماء عن جزيئ البوتاسيوم بسهولة أكثر من الصوديوم . فإذا كان الثغر ذو شحنة كهربائية سالبة قوية كما هو الحال في قنوات الصوديوم أمكن التغلب علي إرتفاع الطاقة الإماهية لأيونات الصوديوم . ويوجد أعداد كبيرة من الثغور عديمة الشحنة الكهربائية أو ذات شحنة ضعيفة تجعلها غير منفذة نسبيا لأيونات الصوديوم التي تتمتع بطاقة إماهية عالية . بينما تكون منفذة لأيونات البوتاسيوم ذات الطاقة الإماهية المنخفضة .وتسمي تلك الثغور بقنوات البوتاسوم (Potassium channels)

ثالثا : مستوي فرق الجهد الكهربي Electrical potential level :

تفصل كثير من الأغشية الخلوية بين سائلين مختلفين في فرق الجهد الكهربي , وتختلف معدلات فرق الجهد بين السوائل علي جانبي الغشاء الخلوي . فقد تكون الشحنة الكهربائية للسائل علي أحد جانبي الغشاء موجبة أكثر بينما تكون سالبة بالنسبة للسائل علي الجانب الآخر . عندئذ

تنجذب الأيونات السالبة خلال الثغور في إتجاه السائل موجب الشحنة بينما تنجذب الأيونات الموجبة تجاه السائل سالب الشحنة .

من كل ما تقدم يتضح لنا وجود العديد من العوامل المحددة لدرجة نفاذية الأيونات المختلفة خلال الأغشية الخلوية مما يؤثر علي سرعة إنتقال تلك الأيونات . ولعل أوضح مثال علي ذلك ما نجده من تغيرات في درجة نفاذية غشاء العصب لأيونات كل من الصوديوم والبوتاسيوم بسرعة كبيرة قد تزيد من ٥٠ : ٥٠٠ مرة أثناء حدوث النبضة العصبية .

العوامل المؤثرة علي نفاذية الثغر :

لا تظل نفاذية الثغور دون تغيير تحت مختلف الظروف . فتسبب زيادة أيونات الكالسيوم في السائل الخلوي الخارجي . مثلا . إنخفاض تلك النفاذية بينما تسبب إنخفاض هذه الأيونات زيادة ملحوظة في درجة النفاذية . ولهذه الخاصية أهمية قصوي لوظيفة الأعصاب .

ولهرمون الـ (antidiuretic) الذي يتكون في الهيبوثالاماس ويفرز من النخامية تأثير علي درجة نفاذية الثغور في بعض الخلايا وعلي الأخص علي أغشية الخلايا المبطنة للقنوات الجامعة في الكلية Collecting ducts . فتؤدي زيادة كمية هذا الهرمون - علي ما يبدو - إلي زيادة أقطار الثغور لتسمح لجزيئات الماء وبعض المواد الأخري من الإنتشار من الأنيبة الكلوية عائدة إلي الدم بسهولة .

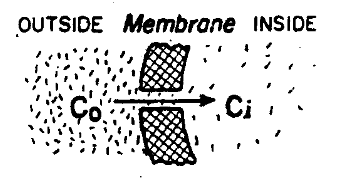
صافي الإنتشار خلال الغشاء الخلوي والعوامل المؤثرة عليه :

مما تقدم من مناقشة يتضح لنا أنه يمكن للعديد من المواد الإنتشار خلال الأغشية الخلوية سواء من خلال القالب الدهني (lipid matrix) أو من خلال الثغور الموجودة علي تلك الأغشية . ونضيف هنا أنه يمكن للمادة المنتشرة في أي إتجاه أن تنتشر في الإتجاه المقابل . ولا تمثل الكمية الكلية المنتشرة من المادة في كلا الإتجاهين أهمية للخلية بل تكمن الأهمية الحقيقية في صافي الكمية المنتشرة (net quantity) من المادة في أي من الإتجاهين سواء أكان خارج الخلية أو إلي داخلها .

ويتحدد صافي الإنتشار نتيجة لتأثير ثلاثة عوامل هي :

أولا : فرق التركيز للمادة علي جانبي الغشاء :

يتناسب صافي معدل الإنتشار لأي مادة داخل الخلية مع فرق تركيز المادة خارج الخلية وداخلها وهو ما يوضحه الشكل التالي حيث (Co) = التركيز خارج الخلية و (Ci) = التركيز داخل الخلية :



ثانيا : فرق الجهد علي جانبي الغشاء :

فعند تطبيق فرق الجهد علي جانبي الغشاء الخلوي كما هو موضح بالشكل التالي

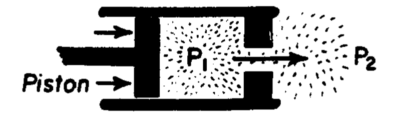


فتنتقل الأيونات خلال الغشاء الخلوي حسب نوع شحنتها الكهربائية حتي في حالة عدم وجود أي فرق بين تركيزها علي جانبي الغشاء يسبب هذ الإنتقال . ففي الشكل الموجود علي اليسار يكون تركيز الأيونات السالبة متساويا علي جانبي الغشاء . غير أن وجود شحنة موجبة علي اليمين وسالبة علي اليسار يكون إنحدار كهربي Electrical gradient علي جانبي الغشاء . فتجذب الشحنة الموجبة الأيونات السالبة . وبعد فترة من الوقت تتكرك كميات كبيرة من الأيونات السالبة تجاه اليمين . وبذا يتكون فرق في تركيز الأيونات المنتقلة في الإتجاه العكسي لإتجاه فرق الجهد الحادث (الحالة الموضحة علي يمين الشكل) . ويؤدي أختلاف التركيز إلي ميل الأيونات للإتجاه ناحية اليسار بينما يؤدي أختلاف الجهد الكهربائي إلي ميل الأيونات إلي الإتجاه ناحية اليمين . ويحدث نوع من التوازن بين تأثير فرق الجهد وفرق التركيز عند إرتفاع فرق التركيز بالدرجة الكافية .

ثالثا : فرق الضغط علي جانبي الغشاء :

يحدث . في بعض الأحيان . فرق في الضغط علي جانبي الغشاء الخلوي . مثل ما يحدث علي جانبي غشاء الشعيرات الدموية التي يزيد الضغط داخلها بمقدار ٢٣ ملليمتر زنبق عنه خارجها . ويقصد بالضغط مجموع القوي الكلية لمختلف الجزيئات الضاربة لوحدة المساحة في وقت معين . ويعني زيادة الضغط علي جانب من الغشاء أن تكون مجموع القوي الموجودة في الجزيئ

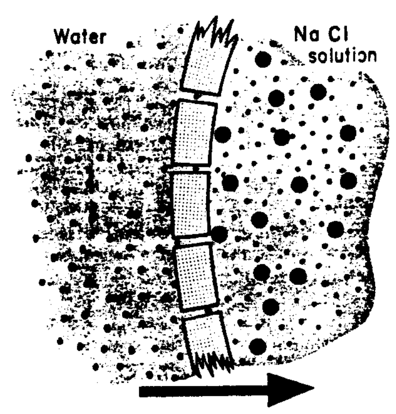
والضاربة للثغور علي هذا الجانب من الغشاء أعلي منه علي الجانب الآخر . وقد ينشأ ذلك إما عن زيادة عدد الجزيئات التي تضرب الغشاء في كل ثانية أو عن طريق طاقة الحركة لمتوسط عدد الجزيئات التي تضرب الغشاء . وفي كلتا الحالتين تزيد الطاقة المتاحة لإحداث إنتقال صافي للجزيئات من الجانب الأعلي ضغطا إلي الجانب الأقل ضغطا . وهو ما نوضحه في الشكل التالي الذي يبين مكبس يحدث ضغطا عاليا علي أحد الجانبين من الغشاء مسببا إنتشارا صافيا خلال الغشاء إلي الإتجاه المقابل .



فيسبب فرق ضغط مقداره ١ ملليمتر زئبق علي جانب الغشاء الخلوي لكرات الدم الحمراء إنتشارا صافيا قدر ١ ٠٠٠ر ميكرون مكعب من الماء خلال كل ميكرون مربع من الغشاء الخلوي في الثانية . ويعتبر ذلك معدل قليل جدا للتحرك خلال الغشاء الخلوي . غير أنه كبير بالنسبة للحجم الكبير نسبيا لهذا الغشاء ولإرتفاع القوي الأسموزية في تلك الخلايا .

صافي حركة الماء خلال الأغشية الخلوية . الأسموزية خلال الأغشية الشبه منفذة :

يعتبر الماء المادة التي تنتشر بكميات وفيرة خلال الأغشية الخلوية . فتساوي كمية الماء المنتشرة خلال الغشاء الخلوي للكرة الدموية الحمراء في كلا الإتجاهين حوالي ١٠٠ مرة حجم الخلية نفسها . وتكون كمية الماء المنتشرة علي جانبي الغشاء الخلوي متوازنة بطريقة لا تسمح بأي فرق في صافي الحركة الحادثة في الماء حتي يبقي حجم الخلية ثابتا إلي حد كبير . غير أنه قد يتكون نوع من فرق التركيز للماء علي جانبي الغشاء تحت ظروف معينة . وفي هذه الحالة يحدث إنتقال صافي للماء خلال الغشاء الخلوي بطريقة تؤدي إلي إنتفاخ الخلية بالماء أو انكماشها في الحجم حسب إتجاه فرق حركة جزيئات الماء وتسمي العملية المحدثة لفرق الحركة الناتجة عن إختلاف تركيز الماء بالأسموزية Osmosis كما يعرف الضغط المتولد الذي يمنع نفاذية الماء خلال غشاء شبه منفذ مثالي إلي محلول معين يحتوي علي مادة غير قابلة لإنتشار خلال ذلك الغشاء بالضغط الأسموزي Osmotic pressure . ولإلقاء الضوء علي الأسموزية دعنا نفترض أن لدينا الحالة المبينة في الشكل التالي :

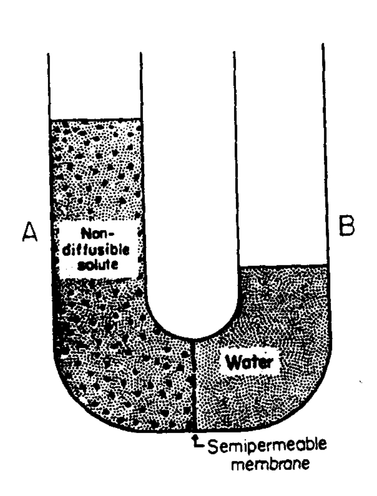


وفيه أفترض وجود ماء مقطر علي جانب من الغشاء ومحلول ملح طعام علي الجانب الآخر . عندئذ تمر جزيئات الماء خلال الغشاء بسهولة مطلقة بينما تمر أيونات الصوديوم خلال الغشاء بصعوبة بالغة . ولا تستطيع أيونات الكلوريد المرور خلال الغشاء نتيجة لأن الشحنة الموجبة لأيونات الصوديوم تمسك أيونات الكلوريد السالبة إليها لتحافظ علي التوازن بين الشحنات الموجبة في المحلول ما يسمي بأساس التعادل الكهربي Principle of electroneutrality . وعليه فإن محلول كلوريد الصوديوم هو في الحقيقة مخلوط من جزيئات ماء منتشرة وأيونات صوديوم وكلوريد غير منتشرة . ويسمي الغشاء في هذه الحالة بالغشاء الشبه منفذ أو النصف منفذ (Semipermiable membrane) لأنه منفذ للماء ولكنه غير منفذ لأيونات الكلوريد وأيونات الصوديوم . وعليه فيقلل وجود أيونات الصوديوم والكلوريد من تركيز أيونات الماء إلي أقل من تركيزها في حالة الماء النقي . وعليه فتضرب العديد من جزيئات الماء . في مثالنا هذا . التغور علي الجانب الأيسر حيث يوجد هناك ماء نقي أكثر من الجانب الأيمن حيث ينخفض تركيز الماء . وعليه فيكون صافي حركة الماء وبالتالي تكون الأسموزية من اليسار إلي اليمين .

<u>الضغط الأسموزي Osmotic pressure</u> :

يسمي الضغط اللازم للوقف الكامل لأسموزية الماء داخل محلول كلوريد الصوديوم . في مثالنا السابق . بالضغط الأسموزي لمحلول كلوريد الصوديوم .

ويمثل الشكل التالي أساس إختلاف فرق الضغط المضاد للأسموزية والذي يمثل غشاء نصف منفذ يفصل بين عامودين منفصلين من السائل . وحد يحتوي علي ماء بينما يحتوي الآخر علي محلول من الماء وبعض من المادة الذائبة التي لا تنفذ من الغشاء .



وتسبب أسموزية الماء من الجزء (B) إلي الجزء (A) إلي إبتعاد مستوي عامودي السائلين أكثر فأكثر إلي الحد الذي يكون عنده فرق الضغط النهائي المتكون كبيرا بالدرجة التي يقاوم عندها التأثير الأسموزي للسائل المحتوي علي مواد ذائبة غير قابلة للإنتشار .

ويمكن القول أنه يحدث توازن في الضغط الأسموزي بين محلولين مختلفين في الجهد نتيجة حدوث:

١) إنتقال حر للمواد في كلا المحلولين علي جانبي الغشاء النصف منفذ . ويصدق ذلك في حالة ما إذا كانت المواد الذائبة في كلا المحلولين قابل للنفاذ خلال الغشاء الفاصل بينهما .

٢) إنتقال الماء خلال الغشاء مما يقلل من فرق الجهد نتيجة لتخفيف تركيز المحلول الأعلي تركيزا في حالة ما إذا كانت المادة الذائبة في أي من المحلولين غير قابلة للنفاذ خلال الغشاء .

٣) وجود ضغط خاص يضاف إلي المحلول لزيادة فرق الجهد ضد الماء النقي (أي عكس إتجاه سير الماء) مما يمنع إستمرار نفاذ الماء .

وللأسموزية أهمية فسيولوجية كبري وخاصة في مجال تبادل الماء والمواد الذائبة من الدم والأنسجة . كما أن له أهمية أيضا في حالة رجوع السوائل الزائدة في الأنسجة إلي الدم مرة أخري عن طريق الدورة اليمفاوية في الجسم نتيجة لإختلاف الضغط الغروي بين نهايات الشرايين وسوائل الجسم ونهاية الأوردة .

ثانيا : الإنتقال النشط أو الإيجابي أو الفعال Active transport :

وهو عبارة عن إنتقال المواد عبر الغشاء الخلوي في إتجاه عكس التركيز أو غير متفق مع القوانين الطبيعية . ويلزم لحدوث وإتمام هذا النوع من الإنتقال قدر معين من الطاقة . فالإنتقال النشط إذن هو نتيجة للنشاط الحيوي للخلية وأحد مظاهر الحياة فيها . وكما سبق أن بينا أنه لا يمكن لأي مادة من المواد أن تنتقل عكس تدرج التركيز . بل يجب إضافة طاقة إلي المادة التي يراد إحداث حركة لها عكس إتجاه التركيز . مثل ما يحدث عند ضغط الهواء بواسطة مضخة أو منفاخ . فلا يسبب ضغط الهواء أي زيادة في جزيئات الهواء بل أنه يحدث زيادة في تركيز تلك الجزيئات بإضافة بعض الطاقة بواسطة كباس المضخة عند ضغطه ويطابق ذلك إنتقال الجزيئات خلال الغشاء الخلوي من المحلول المخفف إلي المحلول المركز . حيث يجب في هذه لحالة إضافة بعض الطاقة إلي الجزيئات المنتقلة لتسهيل هذا الإنتقال . وعندما يسمح الغشاء الخلوي بإنتقال المواد عكس تدرج التركيز أو عكس تدرج فرق الجهد أو عكس إتجاه الضغط فإن هذا النوع من الإنتقال يسمي بالإنتقال النشط أو الفعال (Active transport) . وتعتبر أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والحديد والإيدروجين والكلور والأيوديد واليورات والعديد من السكريات والأحماض الأمينية من ضمن مختلف المواد التي تنتقل بطريق الإنتقال النشط أو الفعال .

ويتخذ الإنتقال النشط عدة صور نذكر منها ما يأتي :

١) إسراع عملية الإنتقال في إتجاه التركيز Acceleration of movement along gradient :

ومن أبرز الأمثلة علي ذلك أنه عند وضع محلول من سكر الجلوكوز في الأمعاء بتركيزات أعلي منه في الدم فإن لجلوكوز يميل إلي الإنتشار في الدم . إلا أن درجة الإنتشار هذه تكون

٣) وجود ضغط خاص يضاف إلي المحلول لزيادة فرق الجهد ضد الماء النقي (أي عكس إتجاه سير الماء) مما يمنع إستمرار نفاذ الماء .

وللأسموزية أهمية فسيولوجية كبري وخاصة في مجال تبادل الماء والمواد الذائبة من الدم والأنسجة . كما أن له أهمية أيضا في حالة رجوع السوائل الزائدة في الأنسجة إلي الدم مرة أخري عن طريق الدورة اليمفاوية في الجسم نتيجة لإختلاف الضغط الغروي بين نهايات الشرايين وسوائل الجسم ونهاية الأوردة .

ثانيا : الإنتقال النشط أو الإيجابي أو الفعال Active transport :

وهو عبارة عن إنتقال المواد عبر الغشاء الخلوي في إتجاه عكس التركيز أو غير متفق مع القوانين الطبيعية . ويلزم لحدوث وإتمام هذا النوع من الإنتقال قدر معين من الطاقة . فالإنتقال النشط إذن هو نتيجة للنشاط الحيوي للخلية وأحد مظاهر الحياة فيها . وكما سبق أن بينا أنه لا يمكن لأي مادة من المواد أن تنتقل عكس تدرج التركيز . بل يجب إضافة طاقة إلي المادة التي يراد إحداث حركة لها عكس إتجاه التركيز . مثل ما يحدث عند ضغط الهواء بواسطة مضخة أو منفاخ . فلا يسبب ضغط الهواء أي زيادة في جزيئات الهواء بل أنه يحدث زيادة في تركيز تلك الجزيئات بإضافة بعض الطاقة بواسطة كباس المضخة عند ضغطه ويطابق ذلك إنتقال الجزيئات خلال الغشاء الخلوي من المحلول المخفف إلي المحلول المركز . حيث يجب في هذه لحالة إضافة بعض الطاقة إلي الجزيئات المنتقلة لتسهيل هذا الإنتقال . وعندما يسمح الغشاء الخلوي بإنتقال المواد عكس تدرج التركيز أو عكس تدرج فرق الجهد أو عكس إتجاه الضغط فإن هذا النوع من الإنتقال يسمي بالإنتقال النشط أو الفعال (Active transport) . وتعتبر أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والحديد والإيدروجين والكلور والأيوديد واليورات والعديد من السكريات والأحماض الأمينية من ضمن مختلف المواد التي تنتقل بطريق الإنتقال النشط أو الفعال .

ويتخذ الإنتقال النشط عدة صور نذكر منها ما يأتي :

١) **إسراع عملية الإنتقال في إتجاه التركيز Acceleration of movement along gradient :**

ومن أبرز الأمثلة علي ذلك أنه عند وضع محلول من سكر الجلوكوز في الأمعاء بتركيزات أعلي منه في الدم فإن لجلوكوز يميل إلي الإنتشار في الدم . إلا أن درجة الإنتشار هذه تكون

أسرع في خلايا الأمعاء الحية عنه في خلايا الأمعاء الغير حية . ويرجع ذلك إلي التأثير الحيوي النشط لخلايا الطبقة الطلائية المخاطية للأمعاء .

٢) منع عملية الإنتقال في إتجاه التركيز Prevention of movement with gradient :

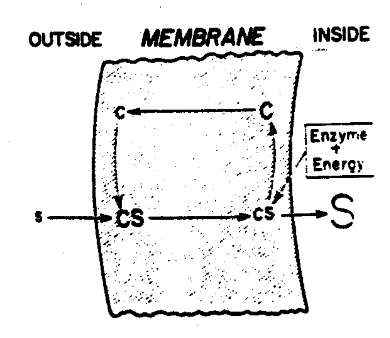
فلا يسمح لأيونات الصوديوم مثل بالنفاذ أو المرور من الخلية بل تتراكم داخل الأنسجة حتي ولو زاد تركيزها أو قل كثيرا داخل الخلية عنه خارجها . ولا يعني ذلك عدم قدرة أيونات الصوديوم من المرور خلال الأغشية الخلوية بل أن للخلية الحية فقط المقدرة علي منع نفاذ أيونات الصوديوم داخل الخلية وذلك عندما يصبح تركيزها داخل الخلية في الحدود الفسيولوجية الطبيعية

٣) إنتقال المواد عكس إتجاه التركيز Movement of substances against gradient :

فلا يمكن لأيونات البوتاسيوم مثلا أن تنتقل داخل خلايا الأنسجة أوالدم علي الرغم من كون تركيزها داخل الخلية أعلي منه في المحاليل خارجها . فيمكن للخلية الحية أن تحتفظ بتركيزات عالية من البوتاسيوم داخلها علي الرغم من إختلاف التركيز بين السوائل الخلوية والبين خلوية .

الآلية الأساسية للإنتقال النشط أو الفعال :

تتشابه آلية الإنتقال النشط لمختلف المواد حيث تعتمد علي الإنتقال بواسطة المواد الحاملة (Carriers) . ونبين في الشكل التالي الآلية الأساسية للإنتقال النشط . فبدخول المادة (S) السطح الخارجي للغشاء الخلوي تتحد مع الحامل (C) (Carrier) . وتنفصل المادة (S) عن الحامل (C) عند السطح الداخلي للغشاء الخلوي . ثم تدخل المادة (S) داخل الخلية بينما يتحرك الحامل (C) عائدا إلي خارج الخلية ليرتبط بمقدار آخر من المادة (S) .



من ذلك يمكن ملاحظة مدي التشابه الكبير بين آلية الإنتقال النشط وبين ألية الإنتشار والتي سبق ذكرها . ويكمن الفرق بينهما في إحتياج الإنتقال الفعال أو النشط إلي طاقة تمكنه من الإنتقال عكس إتجاه التركيز أو عكس تدرج فرق الجهد أو عكس تدرج الضغط . غير أن آلية إستخدام الطاقة لإحداث الإنتقال النشط غير معروفة كلية حتي الآن . غير أنه يمكن إلقاء بعض الضوء علي بعص سمات هذه العملية .

١) تنطلق الطاقة إلي السطح الداخلي للغشاء أساسا من مادة الـ (ATP) عالية الطاقة والموجودة في سيتوبلازم الخلية .

٢) يتبع الإنتقال النشط قوانين الإرتباط الكيميائي (Chemical combination) بين المادة المراد نقلها والمادة الحاملة لها .

٣) هناك تخصص لجزيئ المادة الحاملة لنقل نوع معين أو قسم معين من المواد المتشابهة .

٤) يوجد إنزيم خاص أو إنزيمات خاصة لازمة للمساعدة علي الإرتباط .

وباستخدام الحقائق السابقة يمكن وضع النظرية التالية لتفسير الإنتقال النشط :

بالرجوع إلي الشكل السابق ـ يمكن إفتراض أن للحامل ميل (affinity) طبيعي للمادة المراد نقلها . ويساعد هذا الميل علي إرتباط الحامل بالمادة ويكون هذا الإرتباط علي السطح الخارجي للغشاء الخلوي . ينتشر (diffuses) المادة المرتبطة بالحامل خلال الغشاء الخلوي إلي أن تصل إلي السطح الداخلي للغشاء . عندئذ يتكون إنزيم محفز يعمل علي إستخدام الطاقة الكامنه في مركب الـ (ATP) لفصل المادة بعيدا عن الحامل . حيث تعمل الطاقة علي خفض الميل الطبيعي لإرتباط المادة الحاملة بالمادة المنتقلة . وبذا ينفصلا بعيدا عن بعضهما . ولكون المادة المنفصلة غير قابلة للذوبان في الغشاء الخلوي فإنها لا تستطيع الإنتشار والرجوع ثانية خلال القالب الدهني (Lipid matrix) للغشاء الخلوي . فتنفذ أو تفرز إلي داخل سيتوبلازم الخلية بينما ينتشر الحامل عائدا إلي سطح الغشاء الخلوي لنقل جزيئ آخر من المادة إلي الإتجاه الداخلي .

ويؤدي تشبع تركيز المادة المنقولة إلي الحد إما من الكمية المتاحة من المادة الحاملة أو إلي تقليل الإنزيم المحفز لحدوث التفاعلات الكيميائية المسببة لإنفصال المادة عن حاملها .

الطبيعة الكيميائية للمواد الحاملة :

يعتقد أن كل المواد الحاملة عبارة عن بروتينات أو بروتينات مرتبطة (Conjugated proteind)

أو مكونة من أكثر من جزيئ بروتيني مرتبطة إرتباطا مفككا .

العوامل المنظمة لإنتقال الأحماض الأمينية :

يوجد علي الأقل أربعة هرمونات مختلفة هامة لتنظيم إنتقال الأحماض الأمينية وهي :

١) يزيد هرمون النمو (Growth hormone) المفرز من النخامية الغدية من إنتقال الأحماض الأمينية داخل كل خلايا الجسم .

٢) يزيد الإنسيولين Insuline والجلوكوكورتيكويدات Glucocorticoides من إنتقال الأحماض الأمينية داخل الكبد وبعض الخلايا الأخري .

٣) يساعد الإستراديول Estradiol وهو أكثر الهرمونات الجنسية أهمية في الأنثي علي إنتقال الأحماض الأمينية داخل عضلات الرحم وبالتالي يساعد علي تطور هذا العضو .

وتظهر معظم بل كل الهرمونات . بصفة عامة . تأثيراتها في الجسم عن طريق تنظيم عملية الإنتقال النشط لإحماض الأمينية داخل كل أو بعض الخلايا .

ومن أهم الأمثلة علي الإنتقال الفعال ما يأتي :

١) لفظ بعض الكاتيونات من كرات الدم الحمراء .

٢) إفراز أيونات الإيدروجين من خلايا المعدة المفرزة للحمض المعدي .

٣) إنتقال كل من أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم في الأعصاب

٤) الإفرازات القلوية للبنكرياس .

٥) التترشيح وإعادة إمتصاص الماء من الأنيبيات الكلوية .

٦) أفراز الهرمونات من الغدد الصماء .

مما سبق رأينا أن للخلية القدرة الإيجابية أو الحيوية علي المحافظة علي تركيز المواد الذائبة والعالقة في سوائلها عند حدود معينة دون التأثر بالإختلاف في تركيز هذه المواد بين سوائلها الداخلية وسوائل الوسط المحيط بها . فتتمتع الخلية الحية . إذن . بخاصية النفاذية الإختيارية .

النفاذية والإنتقال النشط Permeability and active transport :

تختلف الأغشية كثيرا فيما بينها في درجة نفاذيتها للماء والمواد الذائبة وذلك تبعا للإختلاف في حجم ونوع جزيئات المادة التي تمر خلالها . ويعتبر الغشاء منفذا مثاليا إذا سمح بمرور الماء من خلاله بينما لا يسمح بمرور كل المواد الذائبة فيه . ولقد أمكن صنع أغشية صناعية

تقترب في خواصها كثيرا من خواص الغشاء المنفذ المثالي . إلا أنـه لا يوجـد بالجسـم أي نـوع مـن الأغشية المثالية أو القريبة منه . فجميع الأغشية الخلوية من النـوع الجزئـي النفاذيـة . أي أنها ذات قابلية كاملة لنفاذ المـاء والإلكتروليتـات والجزيئـات البللوريـة الصغيرة الحجـم بينمـا لا تسـمح بنفـاذ الجزيئات الغروية الكبيرة مثل جزيئات البروتينات .

ويتوقف نوع ومقدار المـادة القابلـة للنفـاذ خـلال الأغشـية الخلويـة علـي خاصيـة الإنتقـال النشط للمواد . كما يعتبر الغشاء الخلـوي مـن النـوع الإختيـاري النفاذيـة . وتتوقـف درجـة النفاذيـة الإختيارية هذه علي الظـروف التمثيليـة ودرجـة النشـاط الخلـوي . فقد يكـون الغشـاء الخلـوي تـام النفاذية لأيونات الصوديوم عندما يكون هناك ضرورة لإحتفاظ الخلية بتركيز معين من هذا العنصر . أما إذا تغير حال الخلية بالتبريد أو التسمم فقد تختلف درجة نفاذيتها في هذه الحالـة . كمـا يـؤدي توقف النشاط التمثيلي داخل الخلية إلي تغيير إتجاه عملية الإنتقال .. وهكذا

<u>الترشيـح وإنتقال المواد Filtration and transfer of substances</u> :

لقد أصبح من الثـابت الآن أن إنتقـال المـواد يحـدث خـلال الأغشـية الخلويـة عـن طريـق الإنتشـار المصحـوب بالترشـيح . ويقصـد بالترشـيح مـرور السـوائل خـلال الأغشـيـة نتيجـة لإختـلاف الضغوط بينها علي جانبي الغشاء . فيكون السائل الذي يمر خلال الغشاء عبارة عـن مـاء مـذاب فيـه المـواد القابلـة للذوبـان والتي لها القدرة علي النفاذ مـن خـلال هـذا الغشـاء . ويحـدث الترشـيح الطبيعي من خـلال الأغشية الكبيرة المسـامية مثل ورق الترشـيح ولا يسـمح بمرور المـواد العالقة الكبيرة الحجم بينما يتم الترشيح خلال الأغشية الخلوية بطريقة أكثر دقة ويسمي بالترشيح الدقيـق Ultrafiltration . حيث يمر خلالة الماء والإلكتروليتات والمـواد البللوريـة الصغيرة جـدا في الحجـم فقط بينما لا يسمح بمرور الغرويات .

ويحدث الترشيح خلال جدر الشعيرات الدموية حيث يتم عادة ترشيح البلازما الخالية مـن البروتين إلا في حالـة تلف جـدر هـذه الشـعيرات الدمويـة . فيـؤدي ذلـك إلي السـماح بترشـيح البروتين كما قد يسمح بنفاذية الكرات الدموية أيضا .

وعموما يمكن القول بأن جدر الخلايا غير منفذة للبروتينات . غير أن ذلـك لا ينطبـق علـي كل الجدر الخلوية . فجدر خلايا المشيمة مثلا منفذة للأجسـام المضادة . كما أن جدر خلايا المعدة منفذة للإنزيمات وكلها مواد بروتينية .

الجهاز الــــدوري

تحصل الحيوانات الأولية وحيدة الخلية علي كل إحتياجاتها من المواد الغذائية من الوسط المحيط بها مباشرة . كما يتخلص من نواتج التمثيل الغذائي عن طريق جدارها إلي السائل التي تعيش فيه . أما الحيوانات الراقية (ومنها الثدييات) فيوجد في جسمها الكثير من الخلايا التي لا تستطيع الوصول إلي الوسط الخارجي للحصول علي إحتياجاتها من المواد الغذائية والأكسوجين أو التخلص من نواتج التمثيل الغذائي الضارة . لذا أمدها جلت قدرته بوسيلة تعينها علي ذلك وتصلها بالوسط الخارجي .تلك الوسيلة هي الدم الذي يسري في الجسم في داخل أوعية دورة خاصة تعرف بالدورة الدموية .وعليه تنقسم دراسة الجهاز الدوري إلي جزئين هما دراسة الدم ثم دراسة الدورة الدموية .

الـــــدم

يعتبر الدم من الوجهة الهستولوجية نسيج ضام . يتكون أساسا من خلايا النسيج وهي الكرات الدموية المختلفة ومادة بين خلوية سائلة هي البلازما.وسنتناول فيما يلي شرحا لخصائص كل مكون من مكونات الدم سواء أكانت خلوية (كرات الدم) أو مادة بين خلوية (البلازما) بإختصار :

أولا : المحتويات الخلوية للدم :

تعرّف خلايا الدم عادة بكرات الدم (Blood corpuscles) والتي يمكن تقسيمها عادة إلي مجموعتين رئيسيتين :

١) كرات الدم الحمراء (Red blood corpuscles or Erythrocytes)

٢) كرات الدم البيضاء (White blood corpuscles or Leucocytes) وتشمل مجموعتين هما:

أ) كرات الدم البيضاء عديمة الحبيبات (الغيرمحببة) التي تنشأ في النسيج الليمفاوي والنسيج الشبكي الإندوثيليومي ونخاع العظام . وتنقسم إلي ثلاثة أنواع هي :

١) الكرات الليمفاوية Lymphocytes

٢) الكرات وحيدة النواة Monocytes

٣) خلايا البلازما

ب) كرات الدم البيضاء المحببة (ذات الحبيبات) وتتميز بإحتوائها سيتوبلازمها علي حبيبات تختلف قابليتها للصبغ بصغات مختلفة لذا فمنها ثلاثة أنواع هي :

١) الخلايا حمضية الصبغ Eosinophils

٢) الخلايا قاعدية الصبغ Basophils

٣) الخلايا المتعادلة الصبغ Neutrophils

ويحتوي الدم إلي جانب تلك الخلايا علي أجسام صغيرة مفلطحة بيضاوية الشكل تعرف بالصفائح الدموية Blood platelets .

وسنتاول فيما يلي بإيجاز طبيعة تركيب ووظائف كل نوع من أنواع الكرات الدموية السابق ذكرها :

أولا : كرات الدم الحمراء (Red blood corpuscles or Erythrocytes) :

وهي في الثدييات قرصية الشكل مستديرة عديمة النواة مقعرة من الجانبين . يتجعد سطحها أو ينكمش وتصبح أكثر إستدارة إذا وضعت في محلول ملحي عالي التركيز . ويساعد تقعر سطح الكرات الدموية الحمراء علي زيادة سطح جدرها الخارجية مما يسهل عملية تبادل الغازات بينها وبين الهواء الحويصلي والأنسجة . كما أن عدم وجود نواة لها يمكنها من نقل كميات أكبر من الأكسوجين لخلايا الأنسجة المختلفة . حيث أن وجود النواة قد يستهلك كميات من الأكسوجين المحمول علي الكرات الدموية الحمراء في عمليات التمثيل الغذائي بها .

ويختلف حجم وعدد الكرات الدموية الحمراء بإختلاف أجناس الحيوانات . فيتراوح أقطارها ما بين ٤٫١ :٧٫٥ ميكرون كما يتراوح عددها ما بين ٢٫٨ : ٣٫٩ مليون كرة دموية في المليمتر المكعب من الدم .

والكرات الدموية الحمراء في الطيور بيضية الشكل ذات نواة . ويتشابه حجمها تقريبا في كل أنواع الطيور حيث يتراوح من ١٢ : ١٥ ميكرون ويصل عرضها إلي ٧ ميكرون وسمكها إلي ٣٫٥ ميكرون ويختلف عددها بإختلاف أجناس الطيور كما يتضح من الجدول التالي :

الجنس	مليون / سنتيمترمكعب	الجنس	مليون / سنتيمتر مكعب
الدجاج	٢٫٧ : ٣٫٣	الحمام	٣٫٠٠ : ٤٫٠٠
الأوز	٢٫٧	الرومي	٢٫٣
البط	٢٫٨		

العوامل المؤثرة علي عدد كرات الدم الحمراء :

تؤثر العوامل الآتية علي عدد الكرات الحمراء في الدم :

١) **وقت التقدير** : لا يتمتع عدد الكرات الدموية الحمراء بدرجة كافية من الثبات خلال أوقات اليوم المختلفة وذلك لإختلاف درجة النشاط ومعدلات التمثيل الغذائي .

٢) **درجة النشاط** : يزيد النشاط العضلي من عدد الكرات الدموية الحمراء لكي تتمكن من الوفاء بحاجة العضلات من الأكسوجين لتكوين الطاقة اللازمة . والعكس صحيح .

٣) **الحالة الإنتاجية** : تؤدي زيادة المقدرة الإنتاجية إلي زيادة عدد الكرات الدموية الحمراء في الدم لإحتياج الحيوان ذو الكفاءة الإنتاجية العالية إلي كميات أكبر نسبيا من التبادل الغازي لعمليات التمثيل الغذائي عن الحيوان منخفض الكفاءة الإنتاجية .

٤) **العمر والجنس** : ينخفض عدد الكرات الدموية الحمراء بتقدم الحيوان في العمر حتي تصل إلي معدلها الطبيعي في الحيوانات البالغة . وتحتوي الذكور علي عدد أكبر من الكرات الدموية الحمراء عن الإناث . وقد لا يوجد فرق بين الجنسين في حالات خصي الذكور

تكوين وانحلال الكرات الدموية الحمراء :

يختلف منشأ الكرات الدموية الحمراء بإختلاف مراحل النمو . حيث تنشأ في الكبد في المرحلة الجنينية الأولي . بينما تنشأ في الطحال في المراحل الجنينية الأخيرة . أما في مراحل النمو فيعتبر نخاع العظام هو المصدر الرئيسي لتكوين كرات الدم الحمراء . كما يعتبر الإندوثيليوم الوعائي Vascular endothelium of bone narrow لنخاع العظام هو المصدر الرئيسي لتكوين كرات الدم الحمراء في الطيور وقد ينتج الطحال كميات قليلة منها . وقد يستعيد الكبد والطحال والعقد الليمفاوية - تحت بعض الظروف المرضية - مقدرتها علي تكوين كرات الدم الحمراء كما هو الحال في المراحل الجنينية الأولي . ويستمر تكوين الكرات الدموية الحمراء حتي يتم صبها في تيار الدم حتي لا يختل أو يتذبذب عددها الكلي كثيرا .

العوامل المؤثرة علي تكوين كرات الدم الحمراء :

تؤثر الكثير من العوامل علي تكوين الكرات الدموية الحمراء نذكر منها ما يلي :

١) **درجة سلامة وحيوية خلايا نخاع العظام :**

لقد سبق أن ذكرنا أن نخاع العظام هو المصدر الرئيسي لتكوين الكرات الدموية الحمراء أثناء مراحل ما بعد الولادة . وعليه فيؤدي تعرض نخاع العظام لأي عامل من العوامل المؤثرة

علي سلامتة وحيويتة . مثل التعرض لأشعة إكس أو الإشعاعات الذرية - إلي تحطيم خلاياه وينخفض تبعا لذلك معدل إنتاج وتكوين الكرات الدموية الحمراء .

٢) ضغط الأكسوجين في الدم الشرياني :

يؤدي نقص كمية الأكسوجين وضغط الدم الشرياني إلي تنبيه تكوين الكرات الحمراء في نخاع العظام . فقد تصل مثلا إلي ٨ : ٩ مليون لكل ملليلتر في الأشخاص الذين يعيشون في المناطق الجبلية المرتفعة جدا حيث يقل الضغط الجوي وبالتالي يقل ضغط الأكسوجين .

٣) العوامل الهرمونية :

يعتبر الثيروكسين من أهم الهرمونات المؤثرة علي درجة إنتاج كرات الدم الحمراء حيث يلزم هذا الهرمون لتنبيه التمثيل الغذائي لجميع أنسجة الجسم ومنها نخاع العظام الذي يقوم بتكوين كرات الدم الحمراء .ويؤدي نقص هذا الهرمون إلي ظهور مجموعة من الأعراض المرضية منها الأنيميا . أما زيادته فلا تؤدي إلي زيادة عدد الكرات الحمراء المتكونة .

٤) سلامة الكبد ودرجة نشاطه :

للكبد دور هام في إنتاج وتكوين كرات الدم الحمراء إذ يقوم بإنتاج البروتين (الجلوبين) الذي يدخل في تركيب الهيموجلوبين كما يخزن الحديد الازم لتكوين الهيماتين وفيتامين B_{12} الازم لتكوين كرات الدم الحمراء .

٥) العوامل الغذائية : والتي يمكن إجمالها فيما يلي :

١) المواد البروتينية : حيث يلزم البروتين لتكوين الهيموجلوبين . وللبروتينات ذات الأصل الحيواني قيمة غذائية عالية في تكوين الهيموجلوبين .

٢) الحديد :وهو عنصر أساسي في تكوين الهيماتين الذي يدخل في تكوين الهيموجلوبين . ويحتاج الجسم كميات صغيرة منه يوميا تبلغ ١٥ ملليجم للشخص العادي وذلك لإحتفاظ الجسم بحديد الهيموجلوبين الناتج من تحلل كرات الدم الحمراء لتدخل في تكوين الكرات الجديدة.وتزداد إحتياجات الإناث للحديد لتعويض كمية الدم المفقودة أثناء الحيض .

وتتأثر كمية الحديد الممتصة في الجسم بالكثير من العوامل منها :

أ) نوعية أملاح الحديد: فأملاح الحديدوز أسهل في إمتصاصها من أملاح الحديديك . الحديد المعدني أسهل من الحديد العضوي في إمتصاصه .

ب) <u>وجود حمض الإيدروكلوريك المعدي</u> : الذي يسهل إمتصاص الحديد .

ج) <u>حاجة الجسم</u> : حيث تزداد درجة إمتصاص الحديد عند الحاجة إليه .

٣) <u>النحاس والكوبلت</u> : يعمل النحاس كعامل مساعد في إنتاج كرات الدم الحمراء أما الكوبلت فيدخل في تكوين فيتامين B_{12} اللازم لتكوين الكرات الدموية الحمراء .

٤) <u>الفيتامينات</u> : وأهمها فيتامين B_{12} الذي يعتبر العامل الخارجي المضاد للأنيميا الخبيثة . حيث يتحد هذا الفيتامين مع خميرة يفرزها الغشاء المخاطي للمعدة تسمي العامل الداخلي المضاد للأنيميا الخبيثة . وبإتحادهما يتكون عامل يمتص ويخزن في الكبد . وهو يلزم لإتمام نمو كرات الدم الحمراء في نخاع العظام . ويسبب نقصه الإصابة بالأنيميا الخبيثة التي تتميز بظهور كرات دم ناقصة النمو في الدورة الدموية كما تتميز بحدوث إضطرابات عصبية .

<u>عمر الكرات الدموية الحمراء وإنحلالها</u> :

تعيش الكرات الدموية الحمراء داخل الدورة الدموية فترة قصيرة من الوقت تتراوح ما بين ٤٠ : ١٢٠ يوما في الثدييات و ٢٨ يوما في الطيور تتكسر بعدها حيث يلتهمها الجهاز الشبكي الإندوثيليومي Reticulo-endothelia system حيث تتحلل إلي جزء بروتيني هو الجلوبين (Globin) الذي يدخل ضمن تمثيل المواد البروتينية في الجسم حيث يتحول إلي صبغات الصفراء يتم التخلص منها عن طريق العصارة الصفراوية . أما الجزء المعدني (الهيماتين Haematin) – الذي يحتوي علي الحديد المعدني الموجود في الكرة الدموية الحمراء . فيذهب إلي الطحال ثم إلي نخاع العظام ليدخل في تكوين كرات دموية حمراء أخري .

<u>تركيب الكرة الدموية الحمراء</u> :

لقد إختلفت الآراء فيما يختص بتركيب الكرة الدموية الحمراء . فبينما يعتقد البعض بأنها تتركب من سدي (Stroms) أساسي إسفنجي يترسب خلالة الهيموجلوبين . فإن البعض الآخر يعتبرها ذات طبيعة وعائية يحيط جدارها بكتلة من المحتويات ذات طبيعة سائلة . إلا أن رأي ثالث وسط يعتبر أن الكرة الدموية الحمراء مثل البالون الذي يحتوي علي سدي أساسي مرن (Elastic stroma) وهيموجلوبين محاط بمركبات بروتينية دهنية موجودة كما لوكانت مكثفة تعمل كجدار . للكرة الدموية . غير منفذ للغرويات وبعض الأيونات مثل أيونات الصوديوم والبوتاسيوم إلا أنه منفذ لأيونات الكلوريد والبيكربونات والإيدروكسيد والإيدروجين واليوريا والجلوكوز .

والكرات الدموية الحمراء أجسام مرنة قابلة للإنضغاط بسهولة بطريقة تكسبها المقدرة علي المرور داخل الأوعية الدموية الدقيقة (الشعيرات الدموية) .

وتحتوي الكرات الدموية الحمراء علي ٧٢ جم ماء / ١٠٠ ملليلتر من الخلايا . وتتكون المواد الصلبة أساسا من الهيموجلوبين ومكونات السدي الأساسي . ويكون الهيموجلوبين ٩٥٪ من مجموع المواد الصلبة الكلية . ويتكون السدي الأساسي من البروتينات والليبيدات التي تتكون من الليثيسين والسيفالين والكولستيرول .

ولما كان الهيموجلوبين هو المكون الأساسي ذوالأهمية من الوجهة الوظيفية للكرة الدموية الحمراء . لذا سنقدم فيما يلي صورة مختصرة لتركيبه وخصائصه الطبيعية والكيميائية وأهمية تلك الخصائص من الوجهة الوظيفية للكرات الدموية الحمراء .

الهيموجلوبين Haemoglobin :

يتكون الهيموجلوبين من بروتين (Globin) متحدا مع صبغة الهيم (Haem) .والهيم عبارة عن بورفيرين محتوي علي حديد (iron - containing porphyrin) يسمي (iron - porphyrin) ويتركب البورفيرين (porphyrin) أساسا من أربعة حلقات بيرول (Pyrrol rings) مرتبطة معا بأربعة كباري من الميثين (methine) (CH) . ويوجد الحديد في جزيئ الهيم علي صورة حديد ثنائي التكافؤ مرتبطا بنيتروجين حلقات البيرول الأربعة ونيتروجين مجموعة الإمينازول (iminazol group) في الجلوبين المرتبط برابطة تسمح بالإرتباط المفكك مع الأكسوجين (O_2) لتكوين الأوكسي هيموجلوبين (oxyhaemoglobim) .

من ذلك يمكن إعتبار الهيم مركب رباعي البيرول . فإذا فرضنا أننا رقمنا حلقات البيرول الأربعة بالأرقام (I , II , III , IV) وأعطينا كباري الميثين الرموز (α , β , δ , χ) والسلاسل الجانبية الأرقام من ١ إلي ٨ . فإننا نجد أن السلاسل الجانبية تتكون من :

أرقام السلاسل	إسم المركب	تركيبه الكيميائي
١.٣.٥.٨	ميثيل (Methyl)	$- CH_3$
٢.٤	فينيل (Vinyl)	$- CH = CH_3$
٦.٧	حمض البروبيونيك(Propionic)	$- CH_3 - CH_2 - COOH$

ويوضح الشكل التالي التركيب البنائي للهيموجلوبين . لاحظ في الرسم التركيب الكامل (A) والتركيب التخطيطي التقليدي (B) لحلقة البيرول.

A

CH—CH
CH CH
NH

B

NH

① H_3C ② $CH=CH_2$ ③ H_3C ④ $CH=CH_2$

I II III IV

Fe^{++}

HC ⓑ ⓐ ⓒ CH ⓓ

H_3C ⑥ CH_2 CH_2 ⑦ COOH

H_2C H_2C HOOC ⑧ CH_3 ⑤

التركيب البنائي للهيموجلوبين

خصائص الهيموجلوبين :

للهيموجلوبين بتركيبه السابق خصائص كيميائية تساعد على تحقيق دوره الوظيفي هي :

١) للهيموجلوبين قابلية للإتحاد بالأكسوجين مكونا مركب الأكسي هيموجلوبين Oxyhaemoglobin الغيرثابت . ويتم هذا التفاعل أثناء مرور الدم بالرئة .كما يعطي عدم ثبات المركب ميزة إنفصال الأكسوجين عنه عند مرور الدم بالأنسجة .كما يتضح من المعادلة الآتية :

هيموجلوبين + أكسوجين ⇌ أكسي هيموجلوبين

$$Hb + O_2 \rightleftharpoons Hb\,O_2$$

ولون المحلول المائي للأكسي هيموجلوبين أحمر زاهي وهو اللون المميز للدم الشرياني .

٢) يتحد الهيموجلوبين مع ثاني أكسيد الكربون في تفاعل عكسي مكونا مركبا غير ثابت يعرف بالكربامينوهيموجلوبين (Carbaminohaemoglobin) كما يتضح من المعادلة الآتية :

هيموجلوبين + ثاني أكسيد الكربون ⇌ كربامينو هيموجلوبين

$$Hhb + CO_2 \rightleftharpoons HHbC\,O_2$$

٣) للهيموجلوبين قابلية للإتحاد بأول أكسيد الكربون مكونا مركب ثابت إلي حد كبير يعرف بـCarbon monoxyhaemoglobin or Carboxy haemoglobin . ويقلل هذا الإتحاد كمية الهيموجلوبين القابلة للإتحاد بالأكسوجين مما يؤدي إلي نوع من الإختناق المؤدي إلي الموت .

٤) لحديد الهيموجلوبين القابلية . في بعض الأحيان . للأكسدة حيث يتحول إلي الحديد أحادي التكافؤ مما يؤدي إلي فقد الهيموجلوبين لخاصية الإتحاد بالإكسوجين حيث يؤدي ذلك إلي الموت أو الإختناق . وتساعد بعض المركبات مثل مركبات السيانور (سيانور الحديديك) وبرمنجنات البوتاسيوم وغيرها علي هذا التحول.

نسبة الهيموجلوبين في دم الحيوانات الثديية :

تقدر كمية الهيموجلوبين في الدم بواسطة جهاز خاص يسمي Haemoglobinometer وتتراوح نسبته بين ٩ : ١١ جم/١٠٠ ملليلتر من الدم والتي تتفاوت في دم الحيوانات الثديية والطيور بإختلاف النوع والجنس والعمر وفصول السنة والحالتين الصحية والإنتاجية . كما يتضح من الجدول التالي :

النوع	نسبة الهيموجلوبين	النوع	نسبة الهيموجلوبين
الحصان	١٢٫٤٠	الخنزير	١١٫٩٥
البقرة	١٢٫٠٣	الديوك	١٣٫٥٠
الغنم	١١ : ١٨	الدجاج	٩٫٨٠
الماعز	١٠٫٩٠	الحمام	١٥٫٣٤

الميوجلوبين أو هيموجلوبين العضـلات :

ويوجد الهيموجلوبين أيضا في العضلات . ويعرف بهيموجلوبين العضلات أو الميوجلوبين Myoglobin الذي يعطي للعضلات اللون الأحمر . وتختلف نسبة وجوده في العضلات بإختلاف العمر ودرجة نشاط العضلة فتزداد نسبته بتقدم الحيوان في العمر وفي العضلات ذات النشاط العالي مثل عضلات الأرجل .

وظائف كرات الدم الحمراء :

لكرات الدم الحمراء وظائف عديدة منها ما يقوم به الجدار ومنها ما تقوم بها محتويات الكرة :

وظائف جدار الكرة الدموية الحمراء :

١) تمكن مرونته من تغيير حجم الكرة الدموية لتستطيع المرر في الشعيرات الدموية الأضيق من الكرة الدموية في قطرها .

٢) يزيد تقعر الجدار من الجانبين سطح الكرة المعرض للغازات مما يسهل عملية تبادل الغازات بين الكرة الدموية والأنسجة أو الهواء الحويصلي في الرئة.

٣) يحفظ الجدار الهيموجلوبين داخل الكرة الدموية الحمراء ويمنعه من الخروج إلي البلازما .

فإذا تكسر الجدار وخرج الهيموجلوبين إلي البلازما تحدث الأعراض التالية :

١) يزداد الضغط الأسموزي للبلازما فيقل ترشيح سوائل الأنسجة فتشعر الأنسجة بالجفاف .

٢) تحول خلايا النسيج الشبكي الإندوثيليومي الهيموجلوبين إلي أصباغ الصفراء السامة .

٣) يترشح الهيموجلوبين داخل الكلية ويترسب في أنيبباتها علي هيئة هيماتين حمضي فيسدها ويمنعها من العمل .

٤) تسد بعض الشعيرات الدموية فتحدث آلاما في الأطراف .

وظائف المحتويات:

يوجد داخل الكرة الدموية الحمراء الهيموجلوبين وإنزيم الكربونيك أنهيدراز . ويقوم الهيموجلوبين بحمل الأكسوجين من الرئة إلي الأنسجة كما يحمل ثاني أكسيد الكربون من الأنسجة إلي الرئة . أما إنزيم الكربونيك أنهيدراز فإنه يعمل علي زيادة معدل ذوبان ثاني أكسيد الكربون إلي ٢٠ مرة .

أعراض نقص عدد الكرات الدموية الحمراء وإنخفاض معدل تكوينها :

يؤدي نقص عدد الكرات الدموية الحمراء أو إنخفاض معدل تكوينها إلي الإصابة بالأنيميا .

ونتيجة لتعدد مسببات هذا النقص تعددت أيضا أنواع الأنيميا التي نذكر منها :

١) الأنيميا الخبيثة التي تنتج عن نقص فيتامين B_{12} .

٢) أنيميا نقص الحديد الناتجة عن إفتقار الغذاء للكمية الكافية من الحديد اللازم لتكوين كرات الدم الحمراء .

٣) أنيميا غذائية والتي تنشأ عن نقص البروتين في الغذاء .

٤) أنيميا ناتجة من عدم قدرة نخاع العظام علي إنتاج وتكوين كرات الدم الحمراء . وقد يكون سبب ذلك هو تلف خلايا نخاع العظام نتيجة للتعرض لأشعة إكس أو للإشعاعات الذرية كما سبق أن ذكرنا . ويكون عدد الكرات البيضاء في هذه الحالة قليل .

ثانيا : كرات الدم البيضاء White blood corpuscles or Leucocytes :

تنشأ الكرات الدموية البيضاء في نخاع العظام وفي النسيج الليمفاوي . وتتميز بكونها خلايا كبيرة نسبيا (بالنسبة لكرات الدم الحمراء) . عديمة اللون ذات نواة . ويختلف عددها بإختلاف الأجناس والأنواع والحالة الصحية والإنتاجية والغذائية . ويعتبر الدجاج والوز من أكثر الحيوانات إحتواء علي الكرات الدموية البيضاء .إذ يزيد عددها في الملليمتر المكعب من دمها عن ٣٠ ألف كرة .

الوظائف العامة لكرات الدم البيضـــاء :

١) لها القدرة علي إلتهام الأجسام الغريبة .مثل الميكروبات .من الدم وذلك بفضل حركتها الأميبية وهضمها لإحتوائها علي الكثير من الإنزيمات المحللة للبروتين والدهون .
٢) تساعد علي تجديد الخلايا لما لها من قدرة علي إفراز مواد خاصة تنشط هذه العملية . لذا فهي تساعد علي إلتئام الجروح .
٣) تساعد علي تكوين العضام الأنبوبية .
٤) تساعد علي القضاء علي الحيوانات المنوية الزائدة في الجهاز التناسلي للأنثي بعد التلقيح .

أهم خصائص ووظائف كرات الدم البيضاء المختلفة :

١) مجموعة الكرات الدموية البيضاء الغير محببة :

أ) الكرات متعادلة الصبغ Neutrophils :

وتمثل الغالبية العظمي من العدد الكلي لكرات الدم البيضاء.حيث تصل نسبتها إلي ٧٠٪ . وتتميز بقابليتها للصبغ بجميع الصبغات الحامضية منها والقاعدية . حيث تتلون بـاللون البنفسجي الوردي . وتتميز نواة هذا النوع بتعدد شكلها . فقد تتكون من فصين أو ثلاثة أو أكثر حيث قد يصل عدد فصوص نواتهـا إلي ٢١ فص مما يوحي للكثيرين بتسميتها بالخلايا متعددة أشكال النواة . وتختلف عدد الكرات الدموية البيضاء المتعادلة بإختلاف العمر والحالة الصحية , فلقد لوحظ مثلا كثرة عددها في صغار الحيوانات والحيوانات حديثة الولادة . ويبدأ عددها في التناقص بتقدم الحيوان في العمر . كما أنها تكثر عند الإصابة بالأمراض الميكروبية . ولهذا النوع من الكرات الدموية البيضاء وظيفة أساسية وهي إلتهام الجراثيم داخلها . وذلك بفضل حركتها الأميبية وإستطاعتها النفاذ خلال جدر الشعيرات الدموية إلي النسيج المصاب .

ب) الكرات حمضيـــة الصبـــغ Eosinophils :

وتكون ١ : ٣ ٪من المجموع الكلي للكرات الدموية البيضـاء . وتتميز بإمكان صبغ الحبيبات الموجودة داخـل سيتوبلازمها بالصبغات الحامضية مثل الإيوسين حيث تكتسب اللـون الأحمر

الوردي . ويزيد عدد هذه الكرات عند الإصابة بأمراض الحساسية مثل الربو وكذا الإصابة بالأمراض الطفيلية مثل البلهارسيا . ولم يمكن حتي الآن تحديد وظيفتها الأساسية . فعلي الرغم من قدرتها علي الحركة الأميبية إلا أنه ليس لها القدرة علي إلتهام الأجسام الغريبة (الميكروبات) . غير أنه يعتقد أن تكون وظيفتها تحليل السموم ذات الأصل البروتيني التي قدتنتج في الدم . مما يؤدي إلي منع أثرها السام . كما تعمل علي تحليل البروتينات الغريبة .

جـ) <u>الكـرات قاعـدية الصبغ Basophils</u> :

وتكون من صفر : ١٪ من المجموع الكلي لكرات الدم البيضاء . وتتكون الحبيبات الموجودة في السيتوبلازم من مادة الهيبارين التي تمنع تجلط الدم . كما تحتوي هذه الخلايا علي بعض الإنزيمات المؤكسدة . وتتميز هذه الكرات بقابليتها للصبغ بالصبغات القاعدية مثل صبغة أزرق الميثيلين .

٢) <u>مجموعة كرات الدم البيضاء الغير محببة</u> :

١) <u>الكرات أحادية النواة Monocytes</u> :

خلايا كبيرة ذات نواة مسننة تشبه الكلية . تبلغ نسبتها في الدم من صفر : ٨٪ من المجموع الكلي لكرات الدم البيضاء . وتنتمي هذه الخلايا إلي النسيج الشبكي الإندوثيليومي . ووظيفتها الأساسية الدفاع عن الجسم ضد الأجسام الغريبة كبيرة الحجم إذ تلتهم الأنسجة الميتة والطفيليات

ب) <u>الكرات الليمفاوية Lymphocytes</u> :

وهي خلايا ذات نواة كبيرة مستديرة الشكل محاطة بطبقة رقيقة من السيتوبلازم . وتكون من ٢٥ : ٤٧٪ من العدد الكلي لكرات الدم البيضاء . وتزيد نسبتها في صغار الحيوانات وحالات الإصابة بالإلتهابات المزمنة مثل مرض السل . ووظيفتها الأساسية إنتاج وإفراز الأجسام المضادة

جـ) <u>خـلايا البلازما</u> :

وهي خلايا ذات نواة صغيرة مستديرة غير معروفة الوظيفة حتي الآن . وتمثل ١ : ٢٪ من مجموع كرات الدم البيضاء .

<u>الصفـائح الدموية</u> :

وهي أجسام صغيرة بيضاوية مفلطحة . يبلغ قطرها ثلث الكرات الدموية . وللصفائح الدموية القابلية للتكسر عند ملامستها لأي سطح خشن . لذا فهي تلعب دورا هاما في عملية تجلط الدم

بـــلازما الـــــدم

البلازما هي المادة البين خلوية في النسيج الضام الوعـائي (الدم) . وهـي صفراء اللـون . تبلغ كثافتها النوعية ٠٣٠ر١ . كما تبلغ لزوجتها ضعف لزوجة الماء . ويمكـن الحصـول علـي البلازما بالطرد المركزي لعينة من الدم مضافا إليها أي مادة تمنع تجلطها مثل الهيبارين أو حمض الستريك . وتمثل البلازما حوالي ٥٥ : ٧٠ ٪ من حجم الدم الكلي . وتتكون البلازما من المكونات التالية :

١) المـاء ويمثل ٩٠٪ من مكونات البلازما .

٢) مواد عضويــة وتشمل :

١) بروتين مثل الألبيومين والجلوبيولين والفيبرينوجين ويبلغ نسبته ٧٪ .

٢) كربوهيدرات مثل الجلوكوز والبيروفات واللاكتات وتلغ نسبتها ٦.ر ٪ .

٣) ليبيدات مثل الليسيثين والدهون والكولستيرول .

٤) فضلات مثل البولينا وحمض البوليك وكلها مواد في طريقها إلي أعضاء الإخراج .

٥) مواد عضوية أخري مثل الإنزيمات والفيتامينات والهرمونات والأجسام المناعية .

٣) مـــواد معدنيـــة وتشمل :

١) أملاح غير عضوية مثل الكلوريدات والكربونات والكبريتات والفوسفات مع الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والماغنيسيوم .

٢) بعض المعادن مثل المنجنيز والنحاس والكوبلت والزنك .

٤) غـــازات وتشمل : الأكسوجين وثاني أكسيد الكربون والنيتروجين .

بروتينـــات بلازمـــا الـــدم :

توجد بروتينات الدم في خليط مركب يحتوي علي عدد من المركبات تختلف في صفاتها ووظائفها. وتشمل المكونات الرئيسية لبروتينات البلازمة علي خمسة أقسام هي :

١) الألبيومينات (Albumins)　　٢) الجلوبيولينات (ألفا. بيتا. جاما) (Globulins)

٣) الفيبرينوجين (Fibrinogen)　　٤) البروتينات النووية (Nucleoproteins)

٥) مخاط بلازمي (Seromucoid) الذي يوجد بكمية محدودة .

وتعتبر الثلاثة أقسام الأولي أكثر مكونات بروتينات البلازما أهمية من الناحية الوظيفية .

ويوضح الجدول التالي كمية كل قسم منها ونسبته إلي البروتين الكلي في الإنسان علي سبيل المثال ويراعي إختلاف هذه القيم بإختلاف الحيوانات وعوامل أخري .

نوع البروتين	جم/١٠٠ ملليلتر بلازما	٪ من البروتين الكلي
ألبيومين	٣٫٣٢	٥٥
جلوبيولين (ألفا)	٠٫٨٤	١٤
(بيتا)	٠٫٧٨	١٣
(جاما)	٠٫٦٦	١١
فيبرينوجين	٠٫٤٣	٧
البروتين الكلي	٦٫٠٣	١٠٠

وللنسبة بين الألبيومين والجلوبيولين أهمية خاصة في تشخيص بعض الحالات المرضية . ويتكون الألبيومين والفيبرينوجين وبعض أنواع الجلوبيولينات في الكبد أما باقي أنواع الجلوبيولينات الأخري فتتكون في النسيج الليمفاوي . ومما يؤكد ذلك قلة ألبيومين الدم في أمراض الكبد وبذا تزيد النسبة بين الألبيومين : الجلوبيولين . كما تزيد كمية الجلوبيولين نتيجة للإصابة بالأمراض الميكروبية وذلك لتكوين الجلوبيولينات المناعية لتخليق الأجسام المضادة وعندئذ تقل النسبة بين الألبيومين:الجلوبيولين .

وظائف بروتينات البلازما : لبروتينات البلازما وظائف عدة نلخص أهمها فيما يلي :

١) تعتبر الفيبرينوجين والبروثرومبين(وهي من الجلوبيولينات)من العوامل الأساسية لتكوين الجلطة .

٢) توجد البروتينات داخل الشعيرات الدموية بتركيز أعلي منه في سوائل الأنسجة فتسبب إرتفاع الضغط الغروي للدم فيسهل عملية إمتصاص السوائل من الأنسجة إلي الدم الأمر الذي يؤدي إلي ثبات حجم الدم .

٣) تكسب بروتينات الدم البلازما لزوجة خاصة تساعد علي ثبات الضغط الشرياني .

٤) تساعد بروتينات البلازما علي ثبات pH الدم . إذ يحتوي جزيئ البروتين علي مجموعة حمضية يمكنها الإتحاد مع القواعد كما تحتوي علي مجموعات قاعدية يمكنها الإتحاد مع الأحماض . وتوجد البروتينات في البلازما في حالة إتحاد مع الصوديوم . فعند إضافة حمض إلي الدم (مثل حمض اللاكتيك الذي يتكون عن التمثيل الغذائي) فإنه تتكون لاكتات الصوديوم وينفرد حمض البروتينيك . وهو حمض ضعيف جدا لا يسبب أي تغير في pH الدم .

٥) تكون البروتينات الأجسام المضادة التي تعطي الجسم المناعة والقدرة علي مقاومة الأمراض .

٦) ترتبط البروتينات ببعض المواد ذات الأهمية الخاصة للجسم مثل الدهون وفيتامين A الحديد واليود

٧) تترسب البروتينات مع أملاح الكالسيوم بين الخلايا المكونة لجدار الشعيرات الدموية فتقلل من نفاذية هذه الجدر .

٨) ترتبط جزيئات بروتينات الدم ببعض الهرمونات أثناء نقلها في الدم فتمنع فاعليتها إلي أن تصل إلي النسيج أو العضو الذي يؤثر عليه الهرمون فتنفصل عنه .

أهم الخواص الطبيعة والكيميائية للدم

اولا : حجم الدم : يوضح الجدول التالي النسبة المئوية لكمية الدم بالنسبة لوزن الجسم في الإنسان وبعض الحيوانات الزراعية :

النوع	النسبة المئوية	النوع	النسبة المئوية
الإنسان	٢ر٧ : ٢ر٨	الماعز	٢ر٢
الخيل	٧ر٩	الطيور	٠ر٨
الأغنام	٠ر٨	الأرانب	٢ر٦
الأبقار	٧ر٧ : ٠ر٨	الكلاب	٢ر٧

ولا يسري كل الدم في الدورة الدموية في الجسم . فلا تتعدي كمية الدم المتدفق في الدورة الدموية أكثر من ٥٠٪ من كمية الدم الكلية في الجسم . أما الجزء الباقي فيوجد في مناطق تخزينية بالجسم وهي :

الكبد ويخزن به ٢٠٪ . الطحال ويخزن به ٢٠٪ - الجلد ويخزن به ١٠٪

وتتوقف نسبة الدم المتدفقة في الدورة الدموية علي عوامل كثيرة . فهي غير ثابتة في كل الأوقات . فنجدها أوقات الراحة تقل عن ٥٠٪ بينما تزيد عن ذلك في أوقات العمل أو عندما يحتاج الجسم إلي كمية أكبر من الدم في الدورة الدموية . أي تتوقف كمية الدم المتدفقة علي الحالة الفسيولوجية ودرجة النشاط في الجسم . ويتوزع كمية الدم في الدورة الدموية والأوعية الدموية كما هو موضح في الجدول الآتي :

في الدورة	الدموية	في الأوعية	الدموية
في الدورة الجهازية	٨٤٪	في الشرايين	٦٤٪
في القلب	٧ ٪	في الأوردة	١٦٪
في الأوعية الرئوية	٩ ٪	الشعيرات الدموية	٢٠٪

تقـــدير حجـــم الـــــدم Blood volume estimstion :

يمكن تقدير حجم الدم في جسم حيوان ما بذبحه وتقدير وزن الدم النازف من جسمه بإيجاد الفرق بين وزن الحيوان حيا ووزنه بعد الذبح وتمام النزف . ومن وزن الدم وكثافته النوعية يمكن حساب حجم الدم في الدورة الدموية . ولا تعتبر هذه الطريقة عملية حيث يفقد الحيوان بالذبح فلا يمكن تكرار إستخدامه مرة أخري في التجارب . كما أن كمية كبيرة من الدم تبقي داخل الأوعية الدموية والقلب . لذا فإنه عادة ما يتم غسيل الأوعية الدموية غسلا جيدا بسائل معروف حجمه وإضافة كمية الدم المتحصل عليه من هذا الغسيل إلي كمية الدم النازفة والناتجة من الذبح .

ولتلافي عيوب طريقة تقدير حجم الدم بذبح الحيوان يتبع في التقدير بحقن الحيوان بكمية معلومة من مادة خاصة داخل الدورة الدموية والسماح للمادة بالإنتشار خلال الدم جميعه ثم يقاس بعدذلك درجة تركيز هذه المادة إمابالطرق الكيميائية أو بالقياس الطيفي أو بقياس النشاط الإشعاعي للمادة . ثم يحسب حجم الدم بعد ذلك طبقا للمعادلة التالية :

حجم الدم (ملليلتر) = كمية المادة المستعملة ÷ تركيزها في الدم بعد تمام إنتشارها (ميلجم)

ويجب أن تكون للمادة المستعملة في التقدير القدرة علي الإنتشار بسهولة في الدم . كما يجب أن تكون لها القدرة علي البقاء في الدورة الدموية وقت يكفي لإجراء التقدير . وهناك نوعان من المواد المستعملة في هذا الغرض :

١) مواد لها القدرة علي الإتحاد بكرات الدم الحمراء مثل الحديد والكروميوم والفوسفات المشع .

٢) مواد لها القدرة علي الإتحاد ببروتينات البلازما مثل الصبغات الحيوية واليود المشع .

أولا : طريقة التقدير بإستعمال كرات الدم الحمراء المشعة Radioactive red blood cells :

١) يتم معاملة كرات الدم الحمراء بالكروميوم المشع (Cr_{51}) بخلط كمية قليلة من هذا العنصر مع قدر معين من الدم المأخوذ من الحيوان المراد تقدير حجم دمه .

٢) تحضن هذه العينة علي درجة حرارة ومدة معينة بعدها يكون أكبر قدر من المادة المشعة قد دخل إلي الكرات الدموية الحمراء .

٣) يزال الجزء الزائد من العنصر المشع من مخلوط عينة الدم بالغسيل بمحلول ملحي فسيولوجي ثم يقدر المحتوي الكلي للعنصر المشع في العينة .

٤) تحقن العينة المشعة في الحيوان ثم تترك وقت كافي لتمام خلطها وإمتزاجها بالدم

٥) تؤخذ بعد ذلك عينة من الدم لتقدير النشاط الإشعاعي فيها لحساب حجم الدم بإستعمال المعادلة السابقة

٦) يعدل حجم الدم المحسوب بالمعادلة المذكورة بإستعمال المعادلة الآتية نظرا لعدم تساوي كمية الهيماتوكريت في الدم الوريدي (المأخوذ منه العينة) مع كميته في الدم :

الحجم الحقيقي للدم = ١ر١ × الحجم المقدر

والرقم ١ر١ رقم ثابت يختلف بإختلاف أجناس الحيوانات.

ثانيا : طريقة التقدير بإستعمال الصبغات الحيوية Vital dyes method :

لكثير من الصبغات المقدرة علي الإتحاد بالبروتينات . وتتحد هذه الصبغات عند حقنها في الدم ببروتينات البلازما . وتعتبر صبغة أو الإيفان الأزرق (Evans blue) من أكثر الصبغات المستعملة لهذا الغرض .ويقدر حجم الدم بهذه الطريقة كما يأتي :

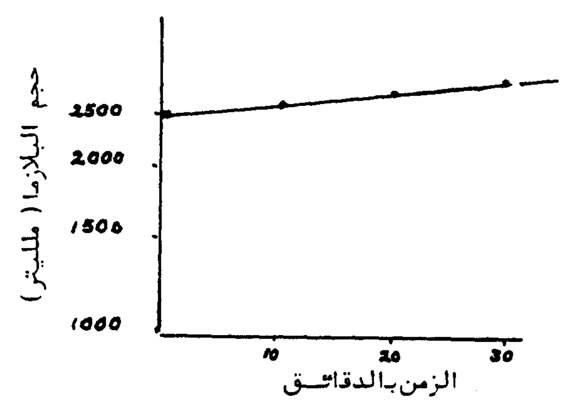
١) تحقن كمية معلومة من الصبغة في الدم. تترك فترة من الوقت بعد الحقن (١٠ دقائق في الإنسان) ليتم إتحاد الصبغة المحقونة مع بروتينات البلازما وتنتشر خلال الدورة الدموية .

٢) تؤخذ عينة من الدم بعد ذلك حيث يتم فصل كرات الدم عن البلازما بطريقة الطرد المركزي .

٣) تقدر درجة تركيز الصبغة في البلازما بطريقة التحليل الطيفي (Spectrophotometric analysis)

٤) يحسب حجم البلازما بإستعمال المعادلة السابقة وذلك بمعرفة كمية الصبغة المحقونة وتركيزها في الدم لكل ملليلتر من البلازما .

ولكي يكون التقدير أكثر دقة يجب أن يوضع في الإعتبار معدل الفقد من الصبغة أثناء فترة إتحادها ببروتينات البلازما . فمعدل فقد صبغة الـ (T 1844) هو ٥٪ في الساعة في الإنسان . حيث يتسرب كمية من الصبغة المحقونة من جدر الشعيرات الدموية في السوائل البين خلوية . كما يفرز جزء من الصبغة في البول . ولتلافي الخطأ الناجم عن هذا الفقد يجب أن يؤخذ ثلاثة عينات من الدم لتقدير درجة تركيز الصبغة منها وذلك علي فترات (١٠ ، ٢٠ ، ٣٠ دقيقة)مع تقديرحجم البلازما عند كل فترة.وتوقع القيم الناتجة علي رسم بياني علي ورق مربعات نصف لوغاريتمي (semilog graph) يمد الخط البياني حتي يقابل الإحداثي الصادي . وتبين نقطة الإلتقاء الحجم الحقيقي للبلازما بالتقريب وذلك لتساوي معدل الفقد في وحدة الزمن كما هو موضح فيما يلي :



ولا تقيس هذه الطريقة الحجم الكلي للدم بل تقيس حجم البلازما . ولـذا يجب أن يحسب حجم الدم بعد تعيين قيمة الهيماتوكريت بإستخدام المعادلة الآتية

حجم الدم = حجم البلازما × ١٠٠ ÷ { ١٠٠ . ٨٧ر × قيمة الهيماتوكريت }

ثالثا : <u>التقدير باستعمال طريقة البروتينات المشعة Radioactive proteins</u> :

١) يضاف اليود المشع I 131 لعينة من البلازما مأخوذة من الحيوان المراد تقدير حجم الدم له .

٢) تحضن العينة المعاملة علي درجة حرارة مناسبة ولمدة خاصة (تختلف بإختلاف الحيوان) لتمكين اليود المشع من تمام الإتحاد مع بروتينات البلازما .

٣) يتم التخلص من كمية اليود المشع الزائدة بواسطة الفصل الغشائي (الدبلزة) dialysis .

٤) تحقن البلازما المعاملة بعد ذلك في الحيوان المراد تقدير حجم دمه ثم يترك فترة من الوقت .

٥) تؤخذ عينة من الدم لتقدير درجة تركيز اليود المشع ومنها يقدر حجم الدم بنفس الطريقة التي إتبعت عند إستخدام الصبغات .

<u>ثبات حجم الدم والعوامل المسببة له</u> :

يوجد نوع من التنظيم العصبي يجعل كمية الدم السارية في الدورة الدموية ثابتة إلي حد كبير . فعند زيادة كمية الدم السارية في الدورة الدموية يمر جزء كبير منه إلي الأنسجة المختلفة وخاصة أنسجة الجلد والعضلات . كما يمر جزء منه (الماء فقط) خلال الكلية حيث يفرز مع البول . أما عندما تقل كمية الدم

السارية فإن ذلك يؤدي إلي منع مروره في الأنسجة كما يقل إفرازه في البول عن طريق الكلية . ويتعاون في حفظ حجم الدم ثابتا عدة عوامل أهمها الثلاثة عوامل الآتية :

١) مخازن الدم بالجسم :

يخزن الدم داخل تجاويف الطحال وفي الكبد . ويحاط الطحال بألياف عضلية لا إرادية . فإذا فقد الحيوان جزء من دمه (كما هو الحال في النزيف) فإن إشارات عصبية تمر من الجهاز العصبي الذاتي إلي تلك العضلات المغلفة للطحال حيث تدفعها إلي الإنقباض فتدفع مخزون الدم فيه إلي الدورة الدموية لتعويض المفقود من كرات الدم نتيجة للنزيف الحادث .

٢) التوازن بين كمية الماء الداخلة والخارجة من الجسم :

يدخل الماء إلي الجسم عن طريق ماء الشرب ومع الطعام . كما يتكون الماء أثناء عمليات التمثيل الغذائي للمواد الغذائية . ويخرج الماء من الجسم عن طريق البول والبراز والعرق والتبخير أثناء التنفس . وهناك نوع من التوازن بين كمية الماء الداخلة إلي الجسم والكمية الخارجة منه بحيث يصبح حجم جميع سوائل الجسم ثابتا دون تغير محسوس يؤثر علي العمليات الحيوية بالجسم .

وينظم عملية التوازن بين الماء الداخل والماء الخارج مركز العطش في الهيبوثالاماس والهرمون المانع لإدرار البول (Antiduritic hormone) الذي يفرز من النخامية الغدية . فإذا فقد الحيوان سوائل كثيرة من جسمه (كما يحدث في حالات العرق أو الإسهال الشديدين) فإن الحيوان يشعر بالعطش فيشرب كميات كافية من الماء ويزداد إفراز الهرمون المانع لإدرار البول فيقل إدرار البول وبالتالي يمكن للحيوان تعويض كمية الماء المفقودة . والعكس عندما يتناول الحيوان غذاء يحتوي علي كمية كبيرة من الماء أو عندما يشرب بكثرة فإن ذلك يثبط مركز العطش فيمنع شرب الماء كما يثبط إفراز الهرمون المانع لإدرار البول فيزيد الفقد من الماء عن طريق البول وبالتالي يزيد كمية الفقد من الماء لتعود حالة الإتزان بين كمية الماء الداخلة وكميته الخارجة إلي حالتها الطبيعية .

٣) تبادل السوائل بين البلازما والأنسجة :يتم تبادل السوائل خلال جدر الشعيرات الدموية . ويتوقف حدوثه علي العوامل الآتية :

١) ضغط الدم داخل الشعيرات الدموية : وهو الضغط الجانبي الحادث علي جدر الشعيرات الدموية نفسها والذي يساعد علي ترشيح السوائل إلي الأنسجة ويسمي بالقوة المرشحة للسوائل .

٢) <u>الضغـــط الغـــروي لبروتيـــنات البلازمـا</u> : فالبروتينـات موجـودة في البلازمـا داخـل الشعيرات الدموية يفصلها عن الأنسجة المحيطة بها جدر تلك الشعيرات . وجدار الشعيرة الدموية غشاء رقيق شبه منفذ يسمح بمرور الماء وبعض المواد مثل الجلوكوز والبولينا ولكنه لا يسمح بمرور البروتينات . لذا فإن لتلك البروتينات ضغط غروي يسمح بإمتصاص السوائل من الأنسجة إلي البلازما ويعرف هذا الضغط الغروي بالقوة الماصـة للسوائل .

وببلغ ضغط الدم في الشعيرات الدموية الشريانية ٢٠ : ٤٠ مم زئبق . بينما يبلغ هذا الضغط في الشعيرات الوريدية ١٠ : ١٥ مم زئبق (يمثل هذا الضغط القوة المرشحة) . ويبلغ الضغط الغروي لبروتينات البلازم (والذي يمثل القوة الماصة) ٢٥مم زئبق علي طول الشعيرات الدموية (الشريانية والوريدية علي حد سواء) . وبذا يختلف إتجاه إنتقال السوائل بين الدم والأنسجة بإختلاف نوع الشعيرة الدموية أي بإختلاف ما إذا كانت شريانية أو وريدية كما يتضح من الجدول التالي :

الشعيرة	القوة المرشحة	القوة الماصة	إتجاه الإنتقـــال
الشريانية	٢٠ : ٤٠ مم	٢٥ مم	من الطرف الشرياني للشعيرة إلي الأنسجة لكبر القوة المرشحة عن القوة الماصة .
الوريدية	١٠ : ١٥ مم	٢٥ مم	من الأنسجة إلي الطرف الوريدي للشعيرة لكبر القوة الماصة عن القوة المرشحة .

فإذا فقد الجسم كميات كبيرة من الماء كما في حالات الإسال الشديد قل ضغط الدم (قلت القوة المرشحة) داخل الشعيرة وزاد تركيز بروتينات الدم (زادت القوة الماصة) فتمتص السوائل من الأنسجة إلي الشعيرات الدموية لتعويض السائل الذي فقد من الدم . فيقل بذلك سوائل الجسم (سوائل الأنسجة) . ويؤدي ذلك إلي الشعور بالجفاف ويشعر الحيوان بالعطش ويشرب حتي يعوض النقص في الماء من الجسم .

أما إذا حقن في الجسم سوائل مثل الجلوكوز أو محلول ملحي فإن ذلك يؤدي إلي إلي زيادة حجم الدم مؤقتا فيرتفع ضغط الدم داخل الشعيرة (تزداد القوة المرشحة) مع قلة الضغط الغروي لبروتينات البلازما (تقل القوة الماصة) مما يؤدي إلي زيادة كمية السوائل التي تترشح إلي الأنسجة ويزيد حجم البول .

من ذلك نري أن حجم الدم لا يتغير بل يظل ثابتا تقريبا . ويرجع بسرعة إلي حجمه الأصلي وذلك بفعل تأثير قوتي الترشيح والإمتصاص في حالات قلة حجم الدم أو زيادته كما سبق أن بينا .

٢) الكثـــافة النوعيـــة للــدم :

تتراوح الكثافة النوعية لدم مختلف الحيوانات الزراعية ما بين ١٫٠٤٢ : ١٫٠٦٢ حيث تختلف القيمة إختلافا طفيفا بين أجناس الحيوانات المختلفة . وتختلف الكثافة النوعية لمكونات الدم . فالكرات الدموية الحمراء هي أعلي المكونات كثافة بينما تكون البلازما هي أقلها كثافة . أما الكرات الدموية البيضاء فذات كثافة وسطا بين الإثنين . ويمكن ملاحظة ذلك بأخذ عينة من الدم في أنبوبة إختبار وتركها مدة بعد إضافة مادة مانعة للتجلط فإننا نلاحظ رسوب الكرات الدموية الحمراء في قاع الأنبوبة بينما تطفو البلازما إلي أعلي الأنبوبة وتكون الكرات الدموية البيضاء طبقة رقيقة بين الإثنين .

٣) درجـــة لزوجـــة الـــدم :

تتوقف درجة لزوجة الدم أساسا علي محتواه من كرات الدم الحمراء وكمية بروتينات البلازما . فتزداد اللزوجة بزيادة تلك المحتويات والعكس صحيح . وتقدر درجة لزوجة الدم بقيمة تتراوح بين ٣ : ٦ بالمقارنة بلزوجة الماء إذا إعتبرنا أن لزوجة الماء واحد صحيح .

٤) تفـــاعل الـــدم :

يميل الدم عادة إلي القلوية قليلا حيث تبلغ درجة الـ pH له ٧٫٤ في المتوسط . ويوضح الجدول التالي مقدار الـ pH لدم الإنسان وبعض الحيوانات الزراعية .

النوع	الـ pH	النوع	الـ pH
الإنسان	٧٫٣٥ : ٧٫٤٣	الخيل	٧٫٢٠ : ٧٫٥٥
الأبقار	٧٫٣٥ : ٧٫٥٠	الدجاج	٧٫٥٦

والدم الشرياني أكثر قلوية من الدم الوريدي . كما أن بلازما الدم أكثر قلوية من كرات الدم . وتتراوح درجة pH الدم ما بين ٧٫٠٠ ، ٧٫٨ بإختلاف العمر والجنس . ولا يغير إضافة كميات كبيرة من الحمض أو القلوي كثيرا من درجة الـ pH له . وهو ما يحدث في الحالات العادية . حيث تنتج الكثير من الأحماض مثل حمض الكربونيك واللاكتيك والبيروفيك والفوسفوريك والكبريتيك والبوريك عن عمليات التمثيل الغذائي . وترجع مقدرة الدم للمحافظة علي درجة الـ pH الخاصة به ثابتة إلي التعاون بين الجهازين التنفسي والبولي فضلا عن طبيعة تركيبه .

٥) الضغط الإسموزي للدم :

يتساوي الضغط الإسموزي للدم إلي حد كبير مع الضغط الإسموزي لمحلول كلوريد الصوديوم ٩ر٠٪ . ويرجع الضغط الإسموزي للدم إلي حد كبير إلي محتواه من الأملاح المعدنيةالمختلفة وأهمها كلوريد الصوديوم . كما يرجع جزء بسيط من قيمته إلي بروتينات البلازما وهو ما يسمي بالضغط الغروي للدم ذو الدور الفعال في تنظيم تبادل السوائل بين الدم والأنسجة . كما يؤدي دورا أيضا في تكوين كل من البول والليمف . ويبلغ الضغط الإسموزي للدم في معظم الحيوانات الزراعية حوالي ٧ ضغط جوي . وتتغير قيمته بإختلاف معدلات التمثيل الغذائي والتبادل الغذائي بين الدم والأنسجة . فعند مرور الدم علي أنسجة الجسم يعطيها المواد الغذائية مثل البروتينات والسكريات والدهون ويأخذ منها نواتج التمثيل الغذائي . وبذا يرتفع الضغط الإسموزي قليلا نتيجة لذلك .ويتمتع الدم بثبات ضغطه الإسموزي نتيجة لفعل كل من الكلي والغدد العرقية حيث تقوم هذه الأعضاء بالتخلص من نواتج التمثيل الغذائي التي قد تغير من ضغط الدم الإسموزي أو تركيبه الطبيعي .

٦) الإحتياطي القلوي للدم Alkali reserve :

يمكن إعتبار البيكربونات الموجودة في الدم الإحتياطي القلوي له . لما لها من دور فعال في تنظيم درجة الـ pH في الدم . ولإعتبارها الإحتياطي الوحيد للقلوية المتاحة للجسم والتي بواسطتها يمكن المحافظة علي درجة الـ pH في الدم ثابتة . ويقدر الإحتياطي القلوي للدم بتقدير النسبة المئوية لحجم ثاني أكسيد الكربون التي يمكن الحصول عليها من عينة من البلازما بعد تشبعها بهواء يحتوي علي نفس نسبة ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء الحويصلي للرئة . وعليه فتشير القيمة المتحصل عليها إلي سعة البلازما لثاني أكسيد الكربون . وفيما يلي بعض قيم الإحتياطي القلوي (مقدرة علي أساس النسبة المئوية للحجم) لبعض أجناس الحيوانات الزراعية :

الأبقار الناضجة (٦٢) . العجول الصغيرة (٧٣) . الأغنام (٥٦) - الخيل (٦٤)

٧) الحموضة والقلوية للدم Acidosis and Alkalosis :

تعرف الحموضة (Acidosis) بأنها إنخفاض غير طبيعي للإحتياطي القلوي للدم . بينما تعرف القلوية (Alkalosis) بأنها الإرتفاع الغير طبيعي في الإحتياطي القلوي للدم . ويمكن تجريبيا الوصول إلي الحموضة بواسطة تغذية الحيوان علي / أو حقنه بحمض . كما تنتج طبيعيا في بعض

أجناس الحيوانات نتيجة للصيام. وتعتبر الحموضة حالة مرضية تنشأ نتيجة للإصابة بمرض السكر (في الإنسان) كما تنشأ نتيجة لإرتفاع نسبة المواد الكيتونية (Kitosis) في الحيوانات المجترة . وتنشأ الحموضة في هذه الحالات نتيجة لتراكم حمض الهيدروكسي بيوتيريك وحمض الأسيتوأسيتيك . هذا ولقد دلت بعض التجارب علي أن الـ Kitosis في حيوانات اللبن لا تكون مصحوبة بإرتفاع الحموضة (Acidosis) .

وتنشأ القلوية تجريبيا نتيجة التغذية علي / أوالحقن بالقلوي كما تنشأ طبيعيا نتيجة لزيادة التهوية الرئوية Overventilation وخروج كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون .

٨) العلاقة الحجمية بين كرات الدم الحمراء والبلازما (قيمة الهيماتوكريت Hematocrit) :

يمكن القول بصفة عامة أن حجم كرات الدم أقل من حجم البلازما . وتمثل العلاقة الحجمية بين كرات الدم الحمراء والبلازما قيمة الهيماتوكريت (Hematocrit) الذي يمكن تقديرها بأخذ عينة من الدم في أنبوبة مدرجة خاصة يوضع عليها مقدار كافي من أي مادة مانعة للتجلط ثم توضع هذه الأنبوبة في جهاز طرد مركزي يدور بمعدل ٣٠٠٠ دورة في الدقيقة ولمدة ٣٠ دقيقة . بعدها يقاس حجم كل من كرات الدم الحمراء التي تترسب في القاع وبلازما الدم التي ستطفو إلي أعلي. ولإيجاد قيمة الهيماتوكريت بعد ذلك توجد النسبة الحجمية للمكونين المتحصل عليهما . وتوضح الأرقام التالية هذه القيمة في بعض الحيوانات الزراعية محسوبة علي أساس حجم كرات الدم الحمراء بالملليلتر لكل ١٠٠ ملليلتر من الدم .

الحصان (٤ر٣٣) الأغنام (٣٤) الأبقار والأرانب (٥ر٤١) الدجاج (٣٢) الإنسان (٥ر٤٤)

٩) سرعة الترسيب Sedimentation rate :

تقدر سرعة الترسيب للدم بتقدير الوقت اللازم لرسوب كرات الدم الحمراء . وتختلف هذه السرعة بإختلاف أنواع الحيوانات وأجناسها . فسرعة ترسيب الدم في الأفراس عالية جدا بينما هي في المجترات بطيئة . كما تختلف سرعة الترسيب بإختلاف الحالة الصحية للحيوان . فتزداد في حالات الأمراض المزمنة وحالات الإلتهاب كما تزيد في حالات الحمل .

١٠) مجاميع الدم Blood groups :

يوجد علي سطح الكرة الدموية الحمراء نوعان مختلفان من المواد البروتينية يطلق عليها الأنتيجينات (Antigen) يسمي النوع الأول منها (Antigen A) ويسمي النوع الثاني (Antigen

B) . ولما كانت طبيعة هذه الأنتيجينات موروثة . لذا فقد يحتوي كرات دم الفرد علي أي من الأنتيجينات أو عليهما معا أو قد لا تحتوي علي أي أنتيجين بالمرة. وعليه تقسم الأفراد حسب نوع الأنتيجين الموجود علي كرات الدم إلي أربعة مجاميع وراثية هي:

المجمـــوعة	التركيـــب الوراثـــي	نوع الأنتيجين
A	AA or AO	A
B	BB or BO	B
AB	AB	A and B
O	O	—

ولكل أنتيجين علي الكرة الدموية الحمراء جسم مضاد لـه (Antibody) في البلازما . ويسبب إجتماع الأنتيجين مع الجسم المضاد الخاص به في شخص واحد تجمع كرات الدم الحمراء مع بعضها ثم تكسر جدرها وخروج محتوياتها محدثة مضاعفات قاتلة . فمن الطبيعي إذن الا يحتوي بلازما دم أي فرد علي الجسم المضاد للأنتيجين الموجود علي كرات دمه الحمراء أي أن الفرد الذي يحمل أنتيجين (A) علي كرات دمه الحمراء لا يحمل الجسم المضاد (A) في البلازما بل يمكن أن يحتوي بلازما دمه علي الجسم المضاد (B) أو لا يوجد أي أجسام مضادة في البلازما بالمرة . وعليه فتكون مجاميع الدم كالآتي :

فصيلة الدم	التركيب الوراثي	الأنتيجين Antigen	Antibody .
A	AA or AO	A	B
B	BB or BO	B	A
AB	AB	A and B	-
O	OO	- -	A and B

وتكمن الخطورة في نقل دم فرد تحتوي كرات دمه الحمراء علي أنتيجين يتفاعل مع الجسم المضاد له والموجود في سيرم دم الفرد المنقول إليه الدم مما يؤدي إلي تجمع كرات الدم المنقولة في دم المستقبل مكونة كتلة دموية وتحدث المضاعفات الآتية :

١) سد الشعيرات الدموية نتيجة تجمع كرات الدم مع بعضها مما يؤدي إلي الشعور بآلآم شديدة في جميع أجزاء الجسم والقلب .

٢) ضعف النبض مع زيادة سرعته .

٣) تكسر جدر كرات الدم الحمراء وخروج الهيموجلوبين إلي البلازما مما يؤدي إلي :

أ) زيادة لزوجة الدم مع زيادة ضغطه الإسموزي .

ب) تحول الهيموجلوبين إلي أصباغ الصفراء السامة .

ج) يترشح الهيموجلوبين في الكلية فيسد الأنيبيات الكلوية وينحبس البول .

وتحدث كل هذه المضاعفات في الدم المنقول وليس في دم الفرد المنقول إليه الدم . لأن كرات الدم المنقولة تكون قليلة بالنسبة لحجم البلازما الموجودة في دم الفرد المنقول إليه . لذا يجب أن ينقل للفرد دم من نفس فصيلته أو من فصيلة لا تحتوي علي أنتيجين ما يتفاعل مع الجسم المضاد الموجود في بلازما دمه . والجدول التالي يبين إحتمالات حدوث المضاعفات عند نقل الدم في الأحوال المختلفة :

مجموعة دم الفرد المنقول اليه الدم				الفرد المنقول منه الدم		
O	AB	B	A	Antibody	Antigen	Group
+	-	+	-	B	A	A
+	-	-	+	A	B	B
+	-	+	+	-	Aand B	AB
-	-	-	-	A and B	-	O

من الجدول السابق - الذي رمزنا فيه لحالات حدوث تجمع لكرات الدم بالعلامة (+) وبالعلامة (-) عند عدم حدوث التجمع . يتضح لنا الملاحظات الآتية :

١) يمكن نقل دم الفرد من المجموعة (O) إلي أي فرد من أي مجموعة من المجموعات الأخري . ويعتبر في هذه الحالة معطي عام (Universal donner) .

٢) يمكن للفرد من المجموعة (AB) أن يستقبل دم من أي مجموعة من المجموعات دون حدوث مضاعفات وعليه فيعتبر مستقبل عام (Universal receptor) .

طريقة تحديد فصيلة الدم :

١) توضع نقطتين من دم الفراد المراد تحديد نوع فصيلته علي شريحة زجاجية بها تجويفين .

٢) تمزج نقطة الدم في التجويف الأول بمصل فرد من المجموعة (B) يحتوي علي Antibody (A) بينما تمزج نقطة الدم في التجويف الثاني بمصل فرد من المجموعة (A) يحتوي علي(B) Antibody وملاحظة أي من الإحتمالات الأربعة الآتية :

أ) إذا تجمعت كرات الدم مع السيرم المحتوي علي (A) Antibody كانت المجموعة (B)

ب) إذا تجمعت كرات الدم مع السيرم المحتوي علي (B) Antibody كانت المجموعة (A)

ج) إذا تجمعت كرات الدم مع السيرم المحتوي علي (A,B)Antibody كانت المجموعة(AB)

د) إذا لم تتجمع كرات الدم بالمرة كانت مجموعة الدم (O) .

<u>مجاميع الدم في الحيوانات الأخري :</u>

لقد أمكن في السنوات الأخيرة تحديد مجاميع الدم لبعض أجناس الحيوانات والطيور علي أساس يقرب إلي حد كبير من ذلك الذي حدد ت به مجاميع الدم في الإنسان .

ففي الماشية مثلا تم التعرف علي أكثر من ٦٩ أنتيجين علي الكرات الدموية الحمراء قسم علي أساسها الدم في الماشية إلي ١٢ مجموعة نذكر منها ما يأتي :

A , B , C , F , V , J , L , M , N , S , Z , R.S.

كما أكتشف الكثير من الأنتيجينات علي كرات الدم الحمراء في الأغنام قسم علي أساسها الدم في هذه الحيوانات إلي ٧ مجاميع هي كالآتي :

A , B , C , D , M , R.O , Z. X

<u>عامل الـ RH :</u>

أكتشف هذا العامل في نوع من القردة يسمي Rhesus . ويحتوي دم ٨٥٪ من الأفراد علي هذا العامل أما الـ ١٥٪ من الأفراد الأخري فلا يحتوي دماؤهم عليه . وتنحصر أهمية هذا العامل في الحالات الآتية :

١) إذا نقل دم فرد يحتوي علي هذا العامل إلي فرد لايحتوي دمه عليه . فإنه يتكون داخل الدم المنقول إليه عامل مضاد له . فإذا أعيد نقل دم يحتوي علي هذا العامل إلي ذلك الفرد الذي تكون في دمه الجسم المضاد له نتيجت مضاعفات تشبه تلك التي تحدث عند نقل الدم من غير الفصيلة .

٢) إذا تزوجت سيدة لا يحتوي دمها علي هذا العامل برجل يحتوي دمه عليه .فقد يرث الجنين الناتج من هذا الزواج فصيلة دم الأب الموجبة لهذا العامل . وبمرور دم الجنين إلي الأم تكون الأم أجسام مضادة لهذا العامل . يتفاعل مع دم الجنين فيؤدي إلي موته أثناء الحمل أو بعد الولادة مباشرة .

١١) **تجلط الـــدم :**

للدم طبيعة سائلة مادام داخل الأوعية والشعيرات الدموية السليمة الجدران . أما عند حدوث جرح في أي وعاء دموي . فإن االدم ينساب من هذا الجرح فترة من الزمن ينقطع بعدها حيث يقال عندئذ أن الدم قد تجلط أي كون جلطة دموية سدت الثقب في الوعاء الدموي ومنعت إستمرار إنسياب الدم منه وهي خاصية من خصائص الدم . كما أنه عند وضع كمية معينة من الدم داخل أنبوبة إختبار وتركها لفترة من الوقت نجدأن الدم الموجود في الأنبوبة قد تحول إلي كتلة صلبة نسبيا وفقد طبيعته السائلة . وتعرف هذه الكتلة بالخثرة أو الجلطة الدموية . فإذا تركت الجلطة الدموية المتكونة فترة من الوقت أكثر فإننا نجدها قد إنكمشت وأصبحت عالقة في سائل أصفر اللون هو مصل الدم او الـ Blood serum .

وعند فحص الجلطة الدموية تحت الميكروسكوب فإننا نجدها عبارة عن شبكة من الألياف العديدة المتقاطعة مع بعضها تحتوي بين أليافها علي الخلايا الدموية . وعند فصل كرات الدم الحمراء عن البلازما بالطريق الطرد المركزي وتركت البلازما بضعة دقائق فإنها تتجلط هي الأخري بنفس الطريقة . إلا أن الجلطة في هذه الحالة تكون بيضاء اللون لخلوها من الكرات الدموية الحمراء . وتعتمد الجلطة الدموية علي نوعين من البروتين (الجلوبيولينات) موجودين داخل الدم وهما

١) الفيبرينوجين (Fibrinogen) وهو بروتين ذائب في الماء إلا أنه يتحول أثناء تكوين الجلطة إلي مادة الفيبرين (Fibrin) الغير ذائبة . حيث تتكون علي شكل ألياف . ويلزم لتحويل الفيبرينوجين إلي فيبرين وجود إنزيم خاص يعرف بالثرومبين (Thrmbin) .

٢) البروثرومبين (Prothrombin) الذي يتحول إلي (Thrmbin) بمساعدة عوامل خاصة هي الثرومبوبلاستين وأيونات الكالسيوم وعامل تحويل (Labile factor) هو إنزيم الثرومبوكيناز (Thrombocainase) الموجود في الصفائح الدموية .

خطـوات تكويـن الجلـطةالدمـوية : يمكن تصوير خطوات تكوين الجلطة الدموية كما يأتي :

١) يحول إنزيم الثرومبين الثرومبوبلاستينوجين الغير نشط إلي ثرومبوبلاستينوجين نشط

Thromboplastinogen + Thrombin → Thromboplastinogen (A)

٢) يحول عامل الصفائح الدموية الثرومبوبلاستينوجين النشط إلي ثرومبوبلاستين .

Thromboplastinogen (A) + Platelet factor → Thromboplastin

٣) يحول الثرومبوبلاستين البروثرومبين إلي ثرومبين بمساعدة عامل تحويل خاص هو إنزيم الثرومبوكيناز Thrombocainase في وجود أيونات الكالسيوم (Ca ++)

Prothrombin + Thromboplastin + Thrombocainase + Ca ++ → Thrombin

٤) يحول الثرومبين المتكون الفيبرينوجين إلي فيبرين

Fibrinogen + Thrombin → Fibrin

٥) يترسب الفيبرين المتكون علي هيئة ألياف مكونة من شبكة تحتوي علي كرات الدم الحمراء بين فراغاتها وبذا تتكون الجلطة الدموية .

أسباب عدم تكوين الجلطة الدموية داخل الشعيرات الدموية :

لا تتكون جلطة دموية داخل الأوعية الدموية في الحالات الطبيعية للأسباب الآتية :

١) عدم تكوين إنزيم الثرومبوكيناز إلا إذا تكسرت الصفائح الدموية نتيجة لملامستها لأي سطح خشن أو إذا مر الدم علي الأنسجة الممزقة .

٢) وجودالهيبارين.في الدم تتكون في الكبد .التي تمنع تكوين الثرومبين من البروثرومبين

٣) وجود تنظيم عصبي معين يمنع حدوث الجلطة داخل الأوعية الدموية . فلقد ثبت وجود مركز في المخ يعمل علي عدم تكوين جلطة دموية .

وقد يحدث تجلط الدم داخل الأوعية الدموية . في بعض الأحيان (عند الإصابة بمرض تصلب الشرايين) . وذلك نتيجة ترسب الدهون وأملاح الكالسيوم علي الجدار الداخلي للأوعية الدموية فيجعله خشنا مما يؤدي إلي تكسر الصفائح الدموية وخروج إنزيم الثرومبوكيناز الذي يساعد لي تكوين الجلطة الدموية داخل مثل هذه الأوعية الدموية الخشنة الجدران . ولهذا المرض خطورته إذ أنه قد يؤدي إلي إنسداد شريان مهم بالمخ أو بالقلب بالجلطة المتكونة مما قد يؤدي إلي مضاعفات خطيرة قد تنتهي بالوفاة .

طرق منع تجلط الدم :

يمكن منع تكوين الجلطة الدموية بإحدي الطرق الآتية :

أولا : طرق منع تكوين الجلطة خارج الدورة الدموية :

١) منع ملامسة الدم لأي سطح خشن بجمع الدم في أنابيب مغطاة من الداخل بالبرافين

٢) التخلص من أيونات الكالسيوم بترسيبها بأكسالات أو سترات الصوديوم .

٣) تبريد الدم حتي تقل سرعة التفاعلات الكيميائية .

٤) إضافة مادة الهيبارين المانعة لتجلط الدم .

ثانيا : طرق منع تكوين الجلطة داخل الدورة الدموية :

١) الحقن بالهيبارين أو بالديكومارول المانع لتكوين البروثرومبين في خلايا الكبد .

٢) منع ترسيب الدهون علي الجدر الداخلية للأوعية الدموية .

وفي المقابل يمكن زيادة سرعة تكوين الجلطة الدموية بإضافة الكالسيوم أو إنزيم الثرومبوكيناز الموجود في سم الثعبان .

الأمراض أو الحالات التي لا يحدث فيها تكوين جلطة دموية :

قد يحدث في بعض الأحوال ونتيجة للإصابة ببعض الأمراض عدم قدرة الدم للتجلط . ويمكن إيجاز تلك الحالات فيما يلي :

١) مرض الإستعداد النزفي أو الهيموفيليا (Hemophilia) :

وهو مرض وراثي يصيب الذكور دون الإناث التي قد تحمل عوامله الوراثية لأبنائها من الذكور . ولا يتجلط دم المريض بهذا المرض ويصبح عرضة للنزيف المستمر لأقل جرح .

٢) نقص فيتامين (K) :

يلزم فيتامين (K) لإنتاج البروثرومبين في الكبد . فإذا حدث نقص في هذا الفيتامين يقل تبعا لذلك معدل تكوين البروثرومبين في الكبد وتقل نسبته في البلازما . وبالتالي يصعب تكوين جلطة دموية . ويحدث نقص هذا الفيتامين في الأحوال الآتية :

١) نقصه في الطعام أو نتيجة نقص إمتصاص الدهون نظرا لكونه من الفيتامينات الذائبة في الدهن أو المرتبطة به .

٢) قلة عدد الأحياء الدقيقة الموجودة في الأمعاء الغليظة والتي تقوم بتكوين هذا الفيتامين نتيجة لتناول العقاقير القاتلة لتلك الأحياء الدقيقة مثل السلفا والبنسلين .

٣) الفشل الكبدي :

يؤدي الإصابة بالفشل الكبدي إلي فشل إنتاج البروثرومبين رغم وجود فيتامين (K) وقد يؤدي ذلك إلي الوفاه في سن مبكرة جدا .

النزيـــــف

يعرف االنزيف بأنه خروج الدم من الدورة الدموية نتيجة لتمزق الأوعية الدموي . ويمكن تقسيم النزيف إلي نوعين :

١) **النزيف الخارجي** :

وهو خروج الدم من الأوعية الدموية إلي خارج الجسم . مثل النزيف الناتج عن الإصابة بآلة قاطعة للأنسجة أو النزيف الحادث بعد الولادة أو عند الإجهاض .

٢) **النزيف الداخلي** :

وهو خروج الدم من الدورة الدموية إلي داخل الجسم . فلا يظهر الدم خارج الجسم بل يتجمع في فجوة من فجواته . ومن أمثلته النزيف داخل التجويف البريتوني أو النزيف داخل تجويف الجمجمة أو النزيف داخل الرحم ... وغيرها . ويستدل علي حدوث هذا النزيف بالأعراض الناتجة عنه . وهو أخطر نسبيا من النزيف الخارجي لتأخر إكتشافه ومعالجة أسبابه .

ويمكن تقسيم النزيف حسب نوع الوعاء الدموي النازف إلي :

١) **النزيف الشرياني** :

ويتميز الدم النازف في هذه الحالة بلونه الأحمر القاني . وخروجة علي دفعات تتبع إنقباضات القلب . ويكون طرف الشريان النازف هو الطرف المتصل بالقلب .

٢) **النزيف الوريدي** :

ويخرج الدم النازف بطريقة متصلة وليس علي دفعات . ويكون لون الدم في هذه الحالة أحمر قاتم أو مائل للزرقة , ويكون طرف الوعاء النازف هو الطرف البعيد عن القلب .

٣) **النزيف الشعري** :

وفيه يخرج الدم علي السطح النازف علي هينة رشح أو ماء . ولا يمكن تحديد المكان النازف . ولهذا النوع خطورته في حالة النزيف بعد الولادة .

أخطـــار النزيـــف : تتوقف خطورة النزيف علي عدة عوامل نذكر أهمها فيما يلي :

١) **كميـــة الدم النازفة** :

فمن المعروف أن الجسم يستطيع تعويض كمية الفقد من دمه بالنزف إذا لم يزد حجم الدم المفقود عن ٣٠٪ من الحجم الكلي للدم الموجود بالدورة الدموية . أما إذا تعدت كمية

الدم النازف ثلث حجم الدم الكلي فإن ذلك يدعو إلي إعتبار النزيف خطرا علي الحياة . لذا يجب التدخل في مثل هذه الحالة للمساعدة علي تعويض الجسم عن كمية الدم المفقودة بالوسائل المختلفةمثل حقن السوائل أو نقل الدم .

٢) سرعة النزيف :

يعتبر النزيف الشرياني أكثر خطورة من النزيف الوريدي لسرعة خروج الدم في الحالة الأولي . وتزداد خطورة النزيف بزيادة سرعة خروج أو فقد الدم . ولا تظهر علي الجسم أعراض النزيف العادية في حالات النزيف البطيئ كما هو الحال عند الإصابة بالأمراض الطفيلية . وتظهر في هذه الحالة أعراض الأنيميا (فقر الدم) المزمنة . أما إذا فقد الجسم كمية كبيرة من الدم دفعة واحدة فإنه يظهر عليه أعراض النزيف العادية التي سيأتي بيانها فيما بعد .

وتتضاعف خطورة النزيف عند الإصابة بالهيموفيليا نظرا لعدم قدرة الدم علي التجلط في هذه الحالة . وتطول مدة النزيف .

وسائل الجسم لتعويض الفقد في الدم الناتج عن النزيف :

يستطيع تعويض الفقد من الدم نتيجة النزيف إذا لم يتعدي نسبة الفقد عن ٣٠٪ من حجم الدم الكلي الموجود في الدورة الدموية . وفي هذه الحالة يعود الدم إلي حجمه الأصلي قبل حدوث النزيف بعد بضعة ساعات وذلك نتيجة لوسائل الجسم التالية :

أولا : الوسائل السريعة : وتشمل :

١) تكوين الجلطة الدموية التي تساعد علي سد الثقب الحادث في الوعاء الدموي النازف .
٢) قلة ضغط الدم نتيجة لقلة حجمه مما يساعد علي سرعة تكوين الجلطة الدموية .
٣) زيادة سرعة القلب للإسراع من دورة الدم الباقي لزيادة كفاءته في توصيل الأكسوجين للأنسجة وهي من العلامات المميزة للنزيف الداخلي .
٤) زيادة عمق التنفس وسرعته علي شكل نوبات متقطعة في الحالات الشديدة من النزيف . أما في الحالات الأكثر خطورة فيتحول التنفس إلي شهقات تنقبض أثناءها عضلات الجسم يتبعهاالنفوق
٥) إنقباض الطحال لكي يدفع الدم المخزون فيه والغني بالكرات الدموية الحمراء والبيضاء إلي الدورة الدموية . الأمر الذي يساعد علي تعويض كل أو بعض ما فقد من الكرات الدموية .

٦) إنقباض شرايين الجلد والأغشية المخاطية والجهاز الهضمي لتقليل حجم الدورة الدموية في هذه الأجزاء بما يتناسب مع حجم الدم المتبقي بعد النزيف . وتستطيع الجلد والأمعاء والأغشية المخاطية أن تتحمل قلة وصول الدم إليها فترة من الوقت مما يعطي فرصة لإتجاه الدم إلي الأعضاء الأخري التي لا تستطيع أن تتحمل أي نقص في كمية الدم الواصلة إليها نتيجة لقلة الدم الوارد لها مثل القلب والمخ .

ثانيا : الوسـائل البطيئـة : ولكنها تساعد علي تعويض الفقد في كمية الدم. ومنها :

١) تعويض سـائل الدم : بإمتصاص سوائل الأنسجة نتيجة لإنخفاض ضغط الدم (القوة المرشحة) وإرتفاع الضغط الغروي لبروتينات الدم (القوة الماصة) . ويشعر الحيوان نتيجة لذلك بالعطش نتيجة لجفاف أنسجة الحلق وعدم القدرة علي إفراز اللعاب . ويعتبر العطش الشديد من أهم أعراض النزيف .

٢) تعويض بروتينات البلازما : وذلك بمساعدة الكبد بطريقة تدريجية تعتمد علي نوعية الغذاء أثناء الفترة التي تلي حدوث النزيف .

٣) تعويض النقص في الكرات الدموية : ويتم ذلك بوسيلتين :

١) من مخازن الكرات الدموية في الطحال (وهي من الوسائل السريعة)

٢) عن طريق نخاع العظام حيث يؤدي نقص الأكسوجين الوارد إلي خلايا النخاع نتيجة لحدوث النزيف وقلة حجم الدم الوارد إليها إلي تنبيه هذه الخلايا لإنتاج الكرات الدموية . وتختلف سرعة تكوين الكرات الدموية من نخاع العظام علي عدة عوامل منها مقدار التزيف وصحة الحيوان نفسه وطريقة ونوعية الغذاء بعد النزيف .

أعـراض النـزيف : تتلخص الأعراض المختلفة للنزيف فيما يلي :

١) بهتان لون الجلد والأغشية المخاطية .

٢) جفاف الفم والحلقوم والشعبتين الهوائيتين مع الشعور بالعطش الشديد .

٣) إنخفاض ضغط الدم مع زيادة سرعة وضعف النبض .

٤) زيادة عمق التنفس وسرعته .

٥) ظهور طنين بالأذن مع إضطراب في الإبصار .

٦) الإصابة بالغيبوبة في بعض الأحيان .

وسائل علاج أعراض النزيف : تتبع بعض الوسائل لمساعدة الجسم علي التغلب علي مضاعفات النزيف . ومن بين هذه الوسائل ما يلي :

1) الحقن بمحلول ملحي تركيزه ٩ر٠٪ أو بمحلول مخفف من الجلوكوز . إلا أن هذه الوسيلة لا تعطي تأثيرا كبيرا إذ سرعان ما تترك هذه المحاليل الدورة الدموية وتتجه إلي الأنسجة .
2) الحقن بمحلول ملحي مضافا إليه محلول ٦٪ من الصمغ العربي لرفع الضغط الأسموزي للدم وبقاء السائل مدة أطول في الدورة الدموية .
3) الحقن ببلازما دم . ونعتبر هذه الطريقة أحسن الوسائل لتعويض السائل المفقود .
4) نقل الدم وهي وسيلة فعالة ليس فقط في علاج مضاعفات النزيف الشديد بل أنها فعالة أيضا في حالات الأنيميا الحادة والمزمنة وعند قلة الهيموجلوبين عن ٥٠٪ . كما تتبع في علاج بعض أمراض الدم مثل الهيموفيليا . وتحلل كرات الدم عند الأطفال وأمراض سرطان الدم . كما يلجأ إليها في حالات الإصابة بالصدمات مثل الحروق والجروح الشديدة وحالات التسمم بغاز أول أكسيد الكربون

نقل الدم

وهي العملية التي بواسطتها يتم تعويض الفقد الشديد من الدم نتيجة لحدوث نزيف حاد . ويتم نقل الدم من فرد سليم إلي آخر محتاج إليه نتيجة إصابته بالنزيف الشديد السابق الإشارة إليه . وتعتبرهذه العملية من أدق العمليات التي يجب أن تتم بإحتياطات خاصة منها :

الإحتياطات الواجب إتخاذها عند نقل الدم :

1) يجب أن يؤخذ الدم من فرد سليم خالي من الأمراض التي تنتقل عن طريق الدم .
2) يضاف إلي الدم مادة تمنع التجلط كسترات الصوديوم أو الهيبارين حتي لا يتجلط الدم أثناء النقل.
3) يجب أن يؤخذ الدم من فرد من نفس فصيلة الفرد المنقول إليه الدم حتي لا تحدث أي مضاعفات نتيجة لإختلاف الفصيلة .
4) يحفظ الدم عادة علي درجات حرارة منخفضة (تحت ٤ مئوية غالبا) علي أن يعاد تدفئته إلي درجة حرارة الجسم عند إجراء عملية النقل .
5) يجب أن يحقن الدم إلي الفرد المنقول إليه ببطء .

الـــدورة الـــدموية

يمكن تقسيم الدورة الدموية إلي جزئين رئيسيين هما : القلـب . والأوعية الدموية

أولا : القلـــــب :

القلب عبارة عن عضو عضلي أجوف . يعمل كمضخة للدم . يغطي من الخارج بغشاء التامور , وهو غشاء مكون من طبقتين الداخلية منها ملتصقة بالقلب . أما الخارجية فغير متصلة بالداخلية بل يفصلها عنها فراغ مملوء بسائل يمنع إحتكاك الطبقتين ببعضهما .

والشكل المقابل يوضح أجزاء القلب والأوردة والشرايين المتصلبه ومنه يتضح أن القلب ينقسم طوليا إلي جزئين أيمن (وريدي) وأيسر شرياني . كما ينقسم عرضيا إلي جزئين : علـــوي (إذيـني) وسـفلي (بطيني) . وبفصل كل أذين عن البطين الذي يليه حاجز به فتحة يحرسها صمام يسمح بمرور الدم من الأذين إلي البطين ولا يسمح بمرور الدم عكس هذا الإتجاه

ويثبت الصمام في جدار البطين بأوتار عضلية . ويخرج من البطين الأيمن الشريان الرئوي كما يخرج من البطين الأيسر شريان الأورطي ويوجد عند بداية كل شريان من هذه الشرايين صمام يسمح بمرور الدم يسمح بمرور الدم إلي الشريان أثناء إنقباض البطين ولا يسمح برجوعه ثانية أثناء إرتخائه أو إنبساطه .

مما تقدم يتضح أن بالقلب أربعةصمامات . إثنان منهما يفصلان بين الأذينين والبطينين وتسمي بالصمامات الأذينية البطنية Artioventricular valves (AV) وهما :

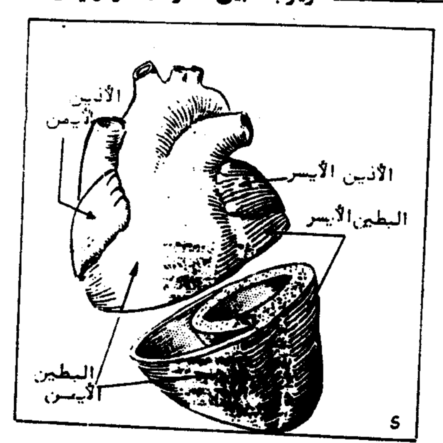
١) الصمام ذو الثلاثة شرفات Tricuspid valve : ويوجد بين الأذين الأيمن والبطين الأيمن .

٢) الصمام الميترالي Mitral valve : ويفصل بين الأذين الأيسر والبطين الأيسر .

أما الصمامان الآخران فيوجدان علي الشرايين الرئيسية وهما :

٣) **الصمام الأورطي** Aortic valve : ويوجد بين الأورطي والبطين الأيسر .

٤) **الصمام الرئوي** Pulmonary valve : ويوجد بين الشريان الرئوي والبطين الأيمن .



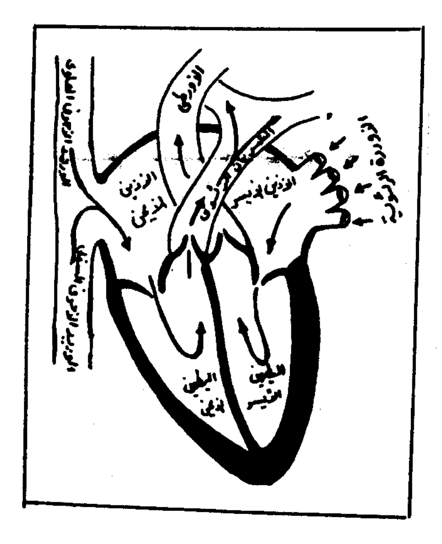
شكل يصور العلاقة التشريحية بين كل من البطين الأيمن والبطين الأيسر



شكل يبين تركيب الصمام المترالي والصمام الأورطي:

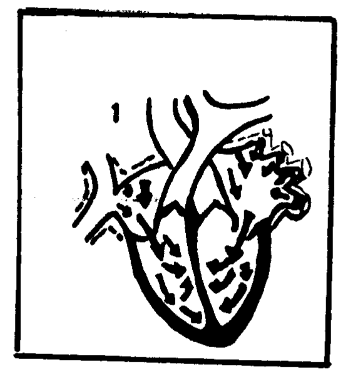
<u>دورة الـــدم في القــلـب</u>

يوضح الشكل التخطيطي التالي دورة الدم داخل القلب .



يصل الدم إلي الأذين الأيمن عـن طريـق الوريـد الأجـوف العلـوي Superior Vena Cava والوريد الأجـوف السـفلي Inferior Vena Cava والوريد التـاجي Coronary vein . كمـا يصـل إلي الأذين الأيسر عن طريق الأوردة الرئوية Pulmonary veins . ويكـون الصمامـات الأذينيـة البطينيـة (الصمام الميترالي والصمام ذو الثلاثة شرفات) ـ في هـذه الأثنـاء ـ مغلقـة . فإذا تجمعـت كميـةمن الدم في الأذينين فتح هذان الصمامان ليمر الدم من الأذينـين إلي البطينـين اللـذان يكونـان في حالة إنبسـاط . عندئـذ ينقبض الأذينـان ليكمـلا تفريـغ مـا بهمـا مـن دم إلي البطينـين . عنـد إمتـلاء البطينين يغلق الصمامان الميترالي وذو الثلاث شرفات وينقبض البطينان ليدفع الـدم الموجـود في البطين الأيمـن إلي الشريان الرئـوي مـارا بالصمـام الرئـوي ليذهـب الـدم إلي الرئتين حيـث يتـم تبـادل الغـازات بين الـدم والهـواء الحويصلي ويتحـول الـدم الوريـدي إلي دم شرياني يعـود إلي الأذيـن الأيسر مـرة أخـري عـن طريـق الأوردة الرئويـة . ويندفـع الـدم الموجـود بـالبطين الأيسـر إلي الأورطي مارا بالصمام الأورطي . يتفرع الأورطي داخل الجسم عدة فروع (شرايين) لتوزيـع الـدم علي جميع أجزاء الجسم . بعدها يعود ثانية إلي القلب عن طريق الأوردة الجوفاء .

من ذلك يتضح لنا أن دورة القلب تمر بخمسة مراحل يمكن تصويرها تخطيطيا كما يلي :



١) مرحلة الإنقباض الشرياني Artial Cystole

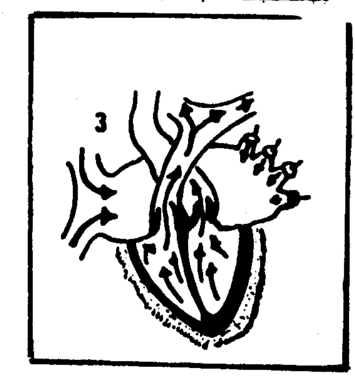
وفيها تكون الصمامات الأذينية البطينية مفتوحة بينما تكون الصمامات الهلالية مغلقة . ويتوافق ذلك مع انبساط البطينين.



٢) مرحلة الإنقباض المتساوي

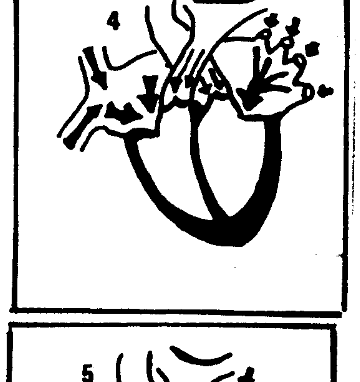
Isometric Contraction

تقفل الصمامات الأذينية البطينية محدثة الصوت الأول للقلب "لب". كما تظل أيضا الصمامات الهلالية مغلقة . ويكون حجم البطينين ثابت .



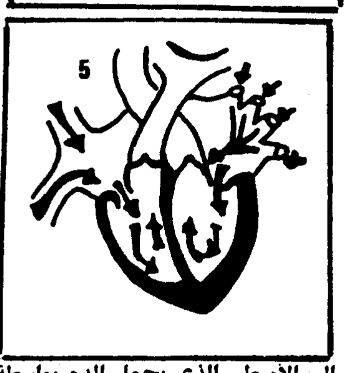
٣) مرحلة دفع الدم Ejection phase

تفتح الصمامات الهلالية بينما تقفل الصمامات الأذينية البطينية وينقبض البطينين بالتساوي لتدفع الدم في الشريان الرئوي والأورطي وبذا ينخفض حجم البطين



٤) مرحلة الأنبساط المتساوي
Isometric relaxation

تقفل الصمامات الهلالية محدثة الصوت الثاني للقلب "دب" كما تستمر الصمامات الأذينية البطينية مقفولة أي تكون كل صمامات القلب مقفولة في هذه المرحلة .



٥) مرحلة الملء Filling phase

تفتح الصمامات البطينية الأذينية لتسمح للدم بالتجمع في الأذينين لتمر إلي البطينين حيث يزيدا في الحجم بسرعة .

وعليه يمكن تمييز دورتين دمويتين وهما :

الدورة الدموية الكبري :

حيث تبدأ من البطين الأيسر الذي يدفع الدم الشرياني إلي الأورطي الذي يحمل الدم بواسطة فروعه المختلفة إلي كل خلية من خلايا الجسم محملا بالأكسوجين والمواد الغذائية . ثم يعود الدم محملا بثاني أكسيد الكربون ونواتج التمثيل الغذائي إلي الأذين الأيمن عن طريق الأوردة الجوفاء .

الدورة الدموية الصغري :

وتبدأ من البطين الأيمن الذي يدفع الدم الوريدي إلي الشريان الرئوي . الذي يتفرع عادة إلي فرعين يذهب كل فرع إلي رئة حيث يتم تخليص الدم من ثاني أكسيد الكربون في الرئتين ويتحمل بالأكسوجين . بعد ذلك يعود الدم شريانيا إلي الأذين الأيسر عن طريق الأوردة الرئوية .

ثانيا : الأوعية الدموية Blood Vescles :

وهي أنابيب مختلفة في الأقطار وفي طبيعة جدرها . تقوم بتوزيع الدم أو تجميعه من وإلي أجزاء الجسم المختلفة وهي علي ثلاثة أنواع هي :

١) الشرايين ٢) الأوردة ٣) الشعيرات الدموية

١) الشرايـــــين Arteries :

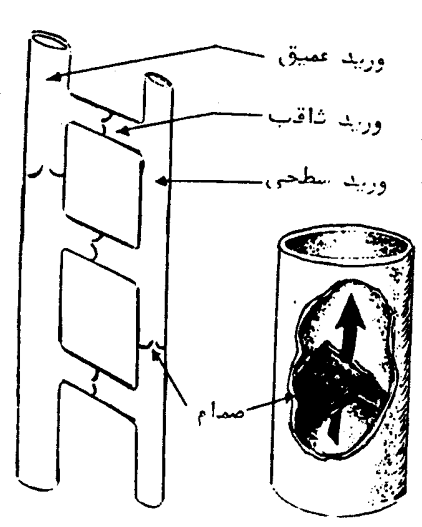
وهي أوعية تنقل الدم من القلب إلي أجزاء الجسم المختلفة . وكلها تحمل دما شريانيا (ماعدا الشريان الرئوي وفروعه التي تحمل دما وريديا) . وتمتاز جدر هذه الشرايين بالمميزات التالية :

١) سميكة تتحمل الضغط المرتفع داخلها .

٢) يكثر فيها العضلات اللاإرادية التي تمكنها من تغيير حجمها حسب حاجة الجسم .

٣) لها القدرة علي الإحتفاظ بإستدارة مقطعها عند خلوها من الدم .

٢) الأوردة Veins :



وهي أوعية تنقل الدم من أجزاء الجسم المختلفة إلي القلب . وكلها تحمل دما وريديا . (ماعدا الأورة الرئوية التي تحمل دما شريانيا) وتتميز جدرها بالمميزات التالية :

١) أقل سمكا من الشرايين .

٢) لا يوجد بها ألياف مطاطة .

٣) تنكمش في حالة خلوها من الدم .

٤) يوجد بداخلها صمامات تقسم الدم فيها إلي أعمدة صغيرة لتمنع رجوع الدم بفعل الجاذبية الأرضية . كما يتضح من الشكل

٣) الشعـــيرات الدمـــوية Blood Capillaries :

تتفرع الشرايين إلي فروع أصغر تعرف بالشريانيات التي تتفرع بدورها إلي فروع أصغر فأصغر إلي أن تنتهي بأوعية رقيقة جدا تعرف بالشعيرات الدموية التي تتكون من طبقة واحدة من خلايا طلائية بلاطية يبلغ سمكها ٢٥ر ميكرون ويبلغ طولها ٨ر مم أما أقطارها فتتغير حسب حاجة النسيج من الاكسوجين فقد تكون مغلقة تماما لا تسمح بمرور الدم . وقد تكون مفتوحة حيث يبلغ قطرها في هذه الحالة مثل قطر كرات الدم الحمراء . ويبلغ سعة الشعيرات الدموية ألف مرة مثل سعة شريان الأورطي . لذا فإننا نجد أن حوالي ١٠٪ من الشعيرات

الموجودة بالجسم مفتوحة والباقي مغلق . فإذا فتحت كل الشعيرات الدموية بالجسم فإنها تسمح بمرور أضعاف حجم الدم بالدورة الدموية .

<u>أنواع الشعيـــرات الدمـــوية</u> :

توجد الشعيرات الدموية علي أنواع عدة هي :

١) شعيرات غير عضلية تسمي بالشعيرات الحقيقية وهي التي تتفرع داخل الجسم مكونة شبكة من الشعيرات . وتوجد حلقة من العضلات اللاإرادية عند بداية إتصال هذه الشعيرات بالشريانيات يؤدي إنقباضها إلي غلقها ومنع مرور الدم بها .

٢) شعيرات عضلية تكثر في جدرها العضلات اللاإرادية .

٣) الإتصالات الشريانية الوريدية وهي لا تعمل كشعيرات بل أنها مجرد إتصال الشريان بالوريد

٤) الجيوب الدموية وتتميز قطاعاتها بكونها مستديرة كما لا يكون النسيج الطلائي المكون لجدرها غير كاملا مما يسمح بمرور الدم إلي الأنسجة . وتوجد تلك الجيوب في الطحال والكبد ونخاع العظام

خـواص عضـلة القلـــب

لعضلة القلب أربعة خواص مميزة لها هي :

١) خاصية الإنقبـاض الـــذاتي .

٢) خاصية القابليـــة للإنقبـــاض .

٣) خاصية القابلية للتنبيه أو الحساسية .

٤) خاصية القابلية لتوصيـل التنبيهات .

<u>أولا : خاصيـة الإنقبـاض الـــذاتي</u> :

لعضلة القلب - مثل أي عضلة لاإرادية أخري - القدرة علـي الإنقباض دون الحاجة لوصول أي منبه لها عن طريق الأعصاب . فيستمر القلب في الإنقباض بإنتظام عند فصله عن الجسم ووضعه في محلول ملحي فسيولوجي . ونجد أن سرعة الأذين أكبر من سرعة البطين إذا قطعنا ما بين الأذين والبطين .

وتبدأ موجة الإنقباض من عقدة موجودة في الأذين الأيمن عند نقطة إتصال الأوردة الجوفاء بالأذين الأيمن تسمي بالعقدة الجيبية الأذينية Senoartial nobe التي يوجد عندها العديد من الخلايا أو الألياف والنهايات العصبية . وتنتشر موجة الإنقباض من هذه العقدة في عضلات الأذين الأيمن حيث تتجمع في عقدة موجـودة أسفل الحاجز الموجـود بين الأذين

الأيمن والبطين الأيمن تعرف بالعقدة الأذينية البطينية Artioventricular node حيث تخرج منها حزمة من الألياف العضلية تعرف بحزمة (هس) (His bundle) تتفرع هذه الحزمة إلي فرعين يمر كل فرع في بطين (الأيمن والأيسر) حتي قمته ثم ينعكس عبي الجدار الخارجي للبطين حتي قاعه

ثانيا : القابلية للإنقبـــاض :

لعضلة القلب . كأي عضلة أخري . القدرة علي الإنقباض تحت التأثير المنظم للقانونين التاليين :

١) **قانون الكل أو اللاشيئ** : إذا تنبهت عضلة القلب بأي منبه فهي إما أن تنقبض أكبر إنقباضة أو لا تنقبض بالمرة , وذلك لإتصال سيتوبلازم الخلايا العضلية . فإذا تنبهت خلية واحدة مر المنبه إلي كل الخلايا فتنقبض كلها مرة واحدة . ويشترط في هذا القانون ثبات كل الظروف داخل العضلة وخارجها .

٢) **قانون ستارلنج** : وينص هذا القانون علي تناسب شدة إنقلاض العضلة طرديا مع طول الليفة العضلية . فإذا مطت الليفة العضلية وزاد طولها زادت تبعا لذلك شدة الإنقباض إلي الضعف إلي حد معين يضعف بعده قوة إنقباضةالعضلة . وهذا الحد هو ما يسمح به غشاء التامور المغلف للقلب .

ثالثا : القابلية للتنبيه أو الحساسية :

من خواص عضلة القلب أنه إذا نبهي بمنبه كافي فإن الحساسية تمر بالمراحل التالية :

١) تنخفض الحساسية للصفر حيث لا يمكن لأي منبه آخر مهما كانت شدته أن يؤثر علي عضلة القلب . ويستمر الإنخفاض في الحساسية فترة من الوقت تساوي طول مدة إنقباض القلب وحتي منتصف فترة الإرتخاء .

٢) بدأ الحساسية بالإرتفاع تدريجيا حتي يمكن لمنبه قوي في هذه الحالة أن ينبه عضلة القلب وتستمر فترة الإرتفاع في الحساسية هذه حتي نهاية فترة اللإرتخاء .

٣) تزيد الحساسية عن الطبيعي حتي يمكن لمنبه ضعيف في هذه الحالة أن ينبه القلب .

من كل ما تقدم نري أنه إذا نبه القلب بمنبه مناسب وإنقبض فإنه لا يمكن أن ينقبض مرة ثانية إلا بعد تمام إرتخائه وهو ما يتفق مع وظيفة القلب كمضخة .إذ يجب أن يرتخي تماما حتي يمتلئ بالدم مرة ثانية قبل إنقباضته التالية .

رابعا : قابلية عضلة القلب لتوصيل التنبيهات :

تستطيع عضلة القلب ـ شأنها في ذلك شأن أي عضلة أخري ـ من أن تنقل التنبيهات منتقطة إلي أخري علي سطح العضلة .وتختلف سرعة توصيل عضلة القلب للمنبهات فنجدها سريعة

جدا في حزمة (هس) وفروعها (٥ متر في الثانية) تليها عضلة الأذين (متر واحد في الثانية) ثم عضلة البطين (نصف متر في الثانية) . وأبطأ سرعة توصيل نجدها في العقدة الأذينية البطينية (٢رمتر في الثانية) حتي يتمكن الأذين من الإنقباض قبل وصول المنبه إلي البطين .

الإمداد العصبي للقلب

يغذي القلب أعصاب من الجهاز العصبي اللاإرادي والتي تنقسم إلي أعصاب سمبثاوية Sympathatic وأخري جار سمبثاوية Parasympathatic .

أولا : الأعصاب السمبثاوية :

وتقوم بتغذية جميع أجزاء القلب . ووظيفتها :

١) تنبه جميع خواص عضلة القلب فتزيد من سرعة القلب ومن قوة إنقباضه وسرعة توصيله .

٢) توسيع الشرايين التاجية فتزيد كمية الدم المارة بالقلب .

٣) تزيد من إستهلاك القلب للأكسوجين .

ويتم تنبه الأعصاب السمبثاوية في الأحوال الآتية :

١) حالات الإنفعال النفسي مثل الخوف والفرح والفزع ... وغيرها .

٢) حالات القيام بالمجهور العضلي .

٣) التعرض للجو البارد جدا .

٤) حالات الصيام والنزيف وكل الحالات التي تحتاج إلي زيادة مقاومة الجسم .

ثانيا : الأعصاب الجارسمبثاوية :

وتغذي الأذينين والعقد الجيبية الأذينية البطينية وعضلة (هس) . ولكنها لا تغذي عضلة البطين . وتعمل هذه الأعصاب في حالات الراحة . ويزداد عملها أثناء النوم . وتنحصر وظائفها فيما يلي :

١) تقلل من جميع خواص عضلة القلب . فتبطئ من سرعته وتقلل من شدة إنقباضه . ولذلك فهي لا تغذي البطين لأن سرعته بطيئة جدا .

٢) تضيق من سعة الشرايين التاجية فتقلل من كمية الدم المارة بعضلة القلب .

٣) تقلل من إستهلاك القلب للأكسوجين .

أصوات القلـــب

يمكن سماع صوتين . علي الأقل . للقلب وذلك أثناء كل دورة قلبية وهما :

١) الصوت الناعم :

وهو الصوت الذي يسمع أثناء إنقباض البطين . وهو طويل في مدته منخفض في نغمته . يرمز له بالرمز (لب) . ويسمع هذا الصوت نتيجة للأسباب الآتية :

١) غلق الصمام ذو الثلاثة شرفات والصمام الميترالي الذان يفصلان الأذينين عن البطينين - فجأة عند بدء إنقباض البطينين .

٢) قوة إنقباض عضلة البطين .

٣) ذبذبة جدار الأورطي نتيجة دفع الدم فيه بقوة .

٤) ذبذبة الأوتار العضلية التي تربط الصمامات في جدار البطين .

٢) الصـوت الحـاد :

وهو أعلي نغمة من الصوت الأول وأقصر منه مدة . ويرمز له بالكلمة (دب) . وينتج هذا الصوت عند قفل الصمامات الهلالية (الموجودة علي الأورطي والشريان الرئوي) فجأة عند بدء إرتخاء البطين . فإذا أصيبت الصمامات الهلالية بضيق كما يحدث في بعض الأمراض مثل روماتيزم القلب تسمع أصوات أثناء مرور الدم فيها تعرف (باللغط) . حيث يمر الدم من خلال هذه الصمامات محدثا أصوات حادة قبل غلقها . لذا يسمع صوت إضافي (لغط) قبل غلق الصمامات أما في حالة إتساع هذه الصمامات (الهلالية) كما يحدث عند الإصابة بالزهري أو في حالات روماتيزم القلب المتقدم حيث يصيب الصمامات بين الأذين والبطين يسمع اللغط بعد إغلاق الصمامات الهلالية .

سرعـــة القلـــب

تختلف سرعة القلب أي تختلف عدد مرات ضربات القلب في الدقيقة بإختلاف أجناس الحيوانات. فهي في الإنسان مثلا تتراوح ما بين ٥٠ : ٩٠ دقة في الدقيقة بمتوسط قدرة ٧٢ دقة في الدقيقة . وتتأثر سرعة القلب بعدة عوامل منها : العمر . درجة حرارة الجسم .... وغيرها .

المراكز المنظمة لسرعة القلب : ينظم سرعة القلب مركز في النخاع المستطيل يسمي مركز سرعة القلب الذي يحتوي علي مركزين هما :

١) مركز إسراع دقات القلب Cardio - accelerator center :

إذ يؤدي تنبيه هذا المركز إلي سرعة دقات القلب . ويتصل هذا الجزء بالقلب بواسطة ألياف من الجهاز العصبي السمبثاوي .

٢) مركز تثبيط القلب Cardio - inhibitory center :

حيث يؤدي تنبيه هذا المركز إلي تثبيط سرعة القلب . ويتصل هذا المركز بالقلب بواسطة ألياف من الجهاز العصبي الجارسمبثاوية .

ويتصل كل مركز من هذين المركزين بالمركز الآخر عن طريق خلايا عصبية تعمل علي تنظيم فعل كل منها . حيث أن تنبيه أحد المركزين يسبب إبطال عمل المركز الآخر والعكس صحيح .

العوامل المؤثرة علي عمل مراكز تنظيم سرعة القلب :

١) قشرة المخ السنجابية :

حيث يوجد بها المراكز العليا كالتفكير والذاكرة والإبصار ... وغيرها . وتزيد سرعة قلب الطالب مثلا عند دخوله الإمتحان .

٢) الهيبوثالاماس :

يتصل الهيبوثالاماس بالقلب بواسطة أعصاب سمبثاوية وجارسمبثاوية . وتزيد سرعة القلب في حالات الإنفعال النفسي أثناء النوم نتيجة تأثير الهيبوثالاماس والمؤثوات الخارجية فترسل منبهاتها العصبية إلي مراكز تنظيم سرعة القلب .

٣) الأفعال الإنعكاسية من داخل الدورة الدموية : وتشمل :

أ) ضغط الدم الشرياني (قانون ماري) : فتتناسب سرعة القلب تناسبا عكسيا مع ضغط الدم الشرياني - وذلك عند ثبات جميع العوامل المؤثرة علي سرعة القلب . وتعرف هذه العلاقة بقانون "ماري" . ولشرح آلية ذلك التأثير يجدر بنا أن نذكر بوجود نهايات عصبية حساسة لضغط الدم عند القوس الأورطي وفي الجيب السباتي . فإذا إرتفع ضغط الدم الشرياني في تلك المناطق تنبهت النهايات العصبية فترسل إشارات عصبية لمركز سرعة القلب فتبطئ من سرعته حتي لا تزيد كمية الدم في الشرايين ويزيد إرتفاع ضغط الدم فيها ووجود هذه النهايات العصبية في تلك المناطق مهم . إذ يوجد الجيب السباتي عند بداية الدورة الداهبة للمخ وقوس الأورطي وهو بداية الدورة الدموية الجهازية في الجسم .لذا تعتبر هذه المناطق صمام أمان في الجسم ويعلل ذلك زيادة سرعة القلب في حالات النزيف

ب) ضغط الدم في الأوردة الكبري والأذين الأيمن (منعكس بنيردج) :

فإذا زاد ضغط الدم في الأذين الأيمن والأوردة الكبري المتصلة به زادت سرعة القلب. وتتناسب سرعة القلب تناسبا طرديا مع ضغط الدم في الأوردة الكبري والأذين الأيمن حتي يتمكن القلب من دفع كل ما يصل إليه من دم وريدي ولا يتراكم داخل الأوردة. وتوجد نهايات عصبية حساسة لضغط الدم في جدار الأذين الأيمن والأوردة الكبري. فإذا زادت كمية الدم الراجعة إلي القلب إرتفع ضغط الدم في هذه الأجزاء وتنبهت تلك النهايات العصبية. ويتنبه مركز إسراع القلب فيسرع من ضرباته ليدفع الدم الوارد إليه.

٤) الأفعال الإنعكاسة من خارج الدورة الدموية :

حيث يؤثر تنبيه أي عصب حساس في الجسم علي سرعة القلب. فتزيد سرعة القلب إذا كان المنبه مؤلما أما إذا كان المنبه غير مؤلم (كضربة علي البطن) فإن ذلك يزيد من نشاط العصب الحائر فيبطؤ القلب جدا وقد يتوقف تماما.

٥) حركات التنفس :

تزيد سرعة القلب أثناء الشهيق وتقل أثناء الزفير. ويلاحظ هذا التغيير بوضوح لدي الأطفال. ويرجع سبب زيادة سرعة القلب أثناء الشهيق إلي تنبه مركز الشهيق المجاور لمركز إسراع القلب فتنتقل المنبهات إلي جاره فتزيد من سرعة القلب. كما أنه أثناء الزفير يتسع الصدر فيقل الضغط داخله مما يساعد علي رجوع الدم إلي القلب فيزيد الضغط داخل الأذين الأيمن والأوردة الكبري فيسرع القلب (راجع منعكس بنيردج).

٦) درجة حرارة الجسم :

تزيد سرعة القلب بمقدار ١٥ دقة في الدقيقة إذا إرتفعت درجة حرارة الجسم درجة حرارة مئوية واحدة. ولو أن هذه القاعدة ليست صحيحة في كل حالات إرتفاع درجة الحرارة. ففي حالة الإصابة بالدفثيريا في الإنسان مثلا تبطؤ سرعة القلب رغم إرتفاع درجة حرارة الجسم وذلك لوجود سموم في الدم تبطئ من سرعة القلب.

٧) التغيرات الكيميائية في الدم :

تؤدي زيادة ثاني أكسيد الكربون ونقص الأكسوجين وتغيير درجة الـ pH ناحية الحموضة (وهي التغيرات الحادثة في الدم في حالات الإختناق) إلي التأثير علي سرعة القلب إما بطريق

مباشر أو عن طريق تأثيرها علي مركز سرعة القلب أو بطريق غير مباشر عن طريق النهايات العصبية الحساسة الموجودة في الأورطي وفي الجسم السباتي . وتمر سرعة القلب في حالات الإختناق بثلاثة مراحل هي :

١) مرحلة بطء سرعة القلب : فتنبه زيادة ثاني أكسيد الكربون ونقص الأكسوجين وتغير تفاعل الدم ناحية الحموضة مركز إسراع القلب أولا ثم يتبع ذلك إصابة هذا المركز بالشلل فينبه ذلك مركزتثبيط سرعة القلب فيبطئ من سرعته نتيجة لذلك .

٢) مرحلة زيادة سرعة القلب : يصاب في هذه المرحلة مركز إبطاء سرعة القلب بالشلل ولا يعمل إلا مركز زيادة سرعة القلب .

٣) مرحلة إبطاء ما قبل الموت : حيث يصاب مركز إسراع القلب بدوره بالشلل وتبقي تأثيرات تغيرات الدم علي العقد الجيبية حيث يبطئ هذا التأثير من سرعة القلب .

٨) فعل بعض الهرمونات :

يؤثر كل من الثيروكسين والأدرينالين علي سرعة القلب . فمن المعروف أن للثيروكسين تأثير كبير علي معدل التمثيل الغذائي . إذ يزيد هذا المعدل في جميع أنسجة الجسم ومنها العقدة الجيبية الأذينية فتزيد سرعة القلب . كما يقوم الأدرينالين بتنبيه سرعة القلب فتزيده مثلما يفعل تنبيه الجهاز العصبي السمبثاوي .

٨) أملاح الصفراء :

تؤدي زيادة أملاح الصفراء إلي إبطاء القلب لما لها من تأثير سام علي القلب .

صادر القلب Cardiac output

يعرف صادر القلب بأنه كمية الدم التي يدفعها القلب في الدورة الدموية في الدورة الدموية الواحدة . فإذا حسبت كمية الدم التي يدفعها القلب في الدورة الدموية في الدقة الواحدة سميت تلك الكمية بصادر الدقة (تساوي ٦٠ملليلتر في الإنسان) . أما إذا حسبت علي أساس كمية الدم التي يدفعها القلب في الدورة الدموية في الدقيقة سميت هذه الكمية بصادر الدقيقة وتحسب كالآتي :

صادر الدقيقة = صادر الدقة × عدد الدقات في الدقيقة

= ٦٠ × ٧٢ = ٤٣٢٠ ملليلتر

العوامل التي تؤثر علي صادر القلب :

تعتبر كمية الدم الراجعة إلي القلب . وسرعة القلب . وقوة إنقباضة عضلة القلب من أهم العوامل المؤثرة علي صادر القلب (أو الدفع القلبي) . وفيما يلي شرح لتأثير تلك العوامل :

١) **كمية الدم الراجعة إلي القلب** : يزيد صادر القلب بزيادة كمية الدم الراجعة إلي القلب .

العوامل التي تؤثر علي كمية الدم الراجعة إلي القلب :

١) **تدرج ضغط الدم داخل الدورة الدموية** : يبلغ ضغط الدم في الأورطي أثناء إنقباض البطين ١٢٠ مم زئبق . ويقل الضغط أثناء مرور الدم في الدورة الدموية فيبلغ ٨٠ مم زئبق في الشريانيات ، ٣٠ : ٤٠ مم زئبق في الطرف الشرياني للشعيرات الدموية .ويقل إلي ١٠ : ١٥ مم زئبق في الطرف الوريدي للشعيرات . أما داخل التجويف الصدري فإننا نجد أن ضغط الدم يكون سالبا . إذ يبلغ -٣ مم زئبق أثناء الزفير و - ٦ مم زئبق أثناء الشهيق . ويساعد هذا التدرج في ضغط الدم علي رجوع الدم إلي القلب .

٢) **حركات التنفس** : إذ يقل الضغط داخل الصدر أثناء الشهيق مما يقلل ضغط الدم داخل الأوردة الكبري والأذين الأيسر مما يساعد علي رجوع الدم إلي القلب .

٣) **الجاذبية الأرضية** : وهي تساعد علي رجوع الدم إلي القلب من أعلي مستوي القلب

٤) **قطر الشرايين** : تزيد سرعة مرور الدم بالشرايين وبالتالي تزيد سرعة رجوعه إلي القلب كلما إتسع قطر تلك الشرايين .

٥) **قطر الأوردة الشعيرات الدموية** : يبقي الدم في الأنسجة مدة أطول كلما إتسعت أقطار الشعيرات الدموية . وهو ما يحدث عند الإصابة بالحروق أو أثناء إجراء العمليات . حيث تتفتح الشعيرات الدموية تحت تأثير مادة الهستامين المتكونة وبذا تقل كمية الدم الراجعة إلي القلب وقد تتوقف الدورة الدموية . وتكون حوالي ١٠٪ فقط من الشعيرات مفتوحة تحت الظروف العادية. وتزيد النسبة إلي ٤٠٪ في حالة التعرض لأي نوع من الإجهاد (Stress)

٦) **إنقباض العضلات الإرادية** : عندما تنقبض العضلات علي الأوعية الدموية يندفع الدم إلي الأوردة ولا يرجع الدم عند إرتخاء العضلة لوجود صمامات داخل الأوردة .

٢) تأثير سرعة القلب علي صـــادر القلب : يزيد صادر القلب في الدقة مع قلة سرعته . فعند قلة سرعة القلب تطول فترة إرتخاء البطين مما يؤدي إلي إمتلائه بكمية أكبر من الدم والعكس صحيح في حالة زيادة سرعة القلب حيث تقصر فترة إرتخاء البطين وتقل كمية الدم الواصلة إليه وتقل تبعا لذلك قيمة صادر القلب . كما يتضح من الجدول التالي :

سرعة القلب (دقة/دقيقة)	كمية الدقة (مللتر)	كمية صادر الدقيقة (ملليلتر)
٧٠	٦٠	٤٢٠٠
١٠٠	٤٢	٤٢٠٠

من ذلك نري أنه إذا لم تتغير سرعة رجوع الدم إلي القلب فإن زيادة أو نقص سرعة القلب في الحدود الفسيولوجية (٤٠ : ٢٠٠ دقة / الدقيقة في الإنسان)لا يؤثر علي كمية صادر القلب أما إذا قلت سرعة القلب أو زادت عن تلك الحدود الفسيولوجية يقل صادر القلب . فإذا زادت سرعة القلب عن أكثر من ٣٥٠ دقة في الدقيقة دون تغير في سرعة رجوع الدم إلي القلب تقصر فترة إرتخاء البطين إلي حد كبير حتي أنه قد ينقبض البطين وهو فارغ. أما إذا قلت سرعة القلب إلي ٢٠ دقة في الدقيقة فإننا نجد أن البطين يمتلئ في حدود معينة ويقل صادر القلب .

٣) قوة إنقباضة عضـــلة القلب : تستطيع عضلة القلب السليمة أن تغير من شدة إنقباضها بما يتفق مع كمية الدم الراجعة إلي القلب حتي يتمكن من دفع كل الدم إلي الشرايين لكي لا يتراكم الدم في الأوردة . ويحكم هذه القدرة قانون "ستارلنج" السابق الإشارة إليه والذي ينص علي أن شدة إنقباضة أي عضلة تتناسب تناسبا طرديا مع طول الليفة العضلية ولكن إلي حدود معينة . أي أنه إذا تعدي طول عضلة القلب تلك الحدود تقل شدة الإنقباض . وتقل تبعا لذلك كمية صادر القلب . وهو ما يحدث في حالات هبوط القلب حيث تزيد طول الليفة العضلية للقلب إلي أكثر من حدود قانون "ستارلنج" فيقل صادر القلب .

سرعة مرور الدم في الأوعية الدموية

تتناسب سرعة مرور الدم في الأوعية الدموية تناسبا عكسيا مع مساحة قطر ها . فبينما تبلغ سرعة مرور الدم في الأورطي ٥ر : ١ متر/ثانية (في الإنسان) نجدها في الشعيرات الدموية تبلغ من ٥ر : ١٠ مم/ثانية . وهوما يتفق مع وظيفة الشعيرات الدموية التي يلزم مرور الدم خلالها ببطء حتي يتم تبادل السوائل والغازات بين الدم والأنسجة .

ضغط الدم الشرياني

يعرف ضغط الدم بأنه الضغط الجانبي الذي يحدثة الدم علي جدر الشرايين أثناء إندفاعه ومروره بها . ويتذبذب هذا الضغط مع كل إنقباضة من إنقباضات القلب . فيرتفع الضغط الشرياني أثناء إنقباض البطين حيث يعرف في هذه الحالة بضغط الدم الإنقباضي (Systolic pressure) وينخفض أثناء إرتخاء البطين حيث يعرف بالضغط الإرتخائي (Diastolic pressure) . ويعرف الفرق بين ضغط الدم الإنقباضي والضغط الإرتخائي بضغط النبض .

وتختلف قيمة هذه الضغوط بإختلاف الحيوانات . كما يتضح من الجدول التالي :

نوع الحيوان	الضغط الإنقباضي	الضغط الإرتخائي	ضغط النبض
الحصان	١٠٠ : ١٢٠	٣٥ : ٥٠	٦٥ : ٧٠
الماشية	١١٠ : ١٤٠	٣٥ : ٥٠	٧٥ : ٩٠
الجمل	١٣٠ : ١٥٠	٥٠ : ٧٥	٧٥ : ٨٠
الأغنام	١٠٠ : ١٢٠	٥٠ : ٦٥	٥٠ : ٥٥

العوامل المؤثرة علي حدوث التغيرات الطبيعة في ضغط الدم :

لا يظل ضغط الدم ثابتا طوال حياة الحيوان بل يتأثر بتقدم العمر كما يتأثر علي فترات مختلفةمن اليوم وطبيعة التكوين الجسماني للحيوان وغير ذلك من العوامل التي نذكر أهمها فيما يلي :

١) **العمــر** : يتغير ضغط الدم بتغير العمر وهو ما يوضحه الجدول التالي :

العمــــــر	الضغط الإنقباضي	الضغط الإرتخائي	ضغط النبض
طفل حـــديث الولادة	٥٠	٣٠	٢٠
بعد عدة أسابيع من الولادة	٩٠	٦٠	٣٠
عند البلـــوغ الجنـــسي	١٢٠	٨٠	٤٠
سن الشيخوخة (٨٠ سنة)	١٧٠	٩٠	٨٠

٢) **الجنـس** : فضغط الدم في السيدات - حتي سن إنقطاع الطمث - أقل منه في الرجال بعده يرتفع ضغط الدم في السيدات إلي مستوي أعلي منه في الرجال .

٣) **درجة إمتلاء الجسم** : يرتفع ضغط الدم في الأفراد ممتلئي الجسم عن النحفاء .

٤) **الأكــل** : يرتفع ضغط الدم بعد الأكل لزيادة كمية الدم الراجعة إلي القلب فيزيد بذلك صادر القلب ويرتفع معه ضغط الدم .

٥) المجهود العضلي والإنفعالات النفسية : يرتفع ضغط الدم أثناء أداء المجهود العضلي ونتيجة للإنفعالات النفسية والعصبية فيزيد ضغط الدم في الإنسان في هذه الحالات بمقدار ٣٠مم زئبق

٦) الراحة وأثناء النوم : ينخفض ضغط الدم أثناء النوم الطبيعي الهادئ . أما إذا إعتريالنوم أحلام مزعجة أو كابوس فإنه يتغير كما في حالات الإنفعالات العصبية .

العوامل المؤثرة علي ضغط الدم الشرياني :

يؤثر علي ضغط الدم الشرياني عوامل كثيرة منها :

١) كمية صادر القلب . ٢) والمقاومة الطرفية التي يلاقيها الدم أثناء مروره في الشرايين .

٣) مرونة جدر الشرايين . ٤) حجم الدم بالنسبة لحجم الدورة الدموية

وفيما يلي شرحا مختصرا لتأثير كل عامل من العوامل السابقة علي ضغط الدم الشرياني :

أولا : كمية صادر القلب :

يتناسب ضغط الدم تناسبا طرديا مع صادر القلب وذلك عند ثبات العوامل الأخري . ففي حالة زيادة صادر القلب تزيد درجة إمتلاء الشرايين بالدم . فيزيد تبعا لذلك ضغط الدم علي جدر الشرايين . ويؤثر زيادة أو نقص صادر الدقة فقط علي الضغط الإنقباضي بينما يؤثر التغيير في سرعة القلب علي الضغط الإرتخائي .

ثانيا : المقاومة الطرفية التي يلاقيها الدم أثناء مروره بالشرايين :

ويؤثر كل من قطر الشرايين ودرجة لزوجة الدم علي مقدار هذه المقاومة كما يتضح مما يأتي :

١) قطر الشرايين : تزيد سرعة الدم ويقل الضغط في الشرايين كلما إتسع قطرها . ويؤثر علي قطر الشرايين عوامل عدة سنتناولها بالشرح فيما بعد .

٢) درجة لزوجة الدم : تؤدي قلة لزوجة الدم (كما يحدث في حالات الأنيميا) إلي زيادة سرعة مروره من الشرايين إلي الأوردة فينخفض الضغط . أما زيادة لزوجة الدم فتؤدي إلي بطء مرور الدم من الشرايين إلي الأوردة . فيزيد بذلك الضغط .

ثالثا : درجة مرونة الشرايين :

تتميز جدر الشرايين بغناها بالألياف المطاطة التي تعطيها مرونة خاصة تسمح لها بالتمدد والإنكماش حسب كمية الدم الموجودة فيها . فإذا إنقبض البطين ودفع الدم إلي الشريان فإنه يتسع ليسمح لكمية الدم المندفعة من القلب بالمرور فيه دون أي إرتفاع في الضغط الإنقباضي . أما

عند إرتخاء البطين فإن جدار الشريان يعود إلي حجمه الأصلي نظرا لمرونته فيقل حجم الشريان بما يتناسب مع كمية الدم المتبقية فيه . فلا يقل الضغط الإرتخائي بدرجة كبيرة . كما أنه عند رجوع الشريان إلي وضعه الطبيعي (الأصلي) فإنه يدفع كمية الدم الزائدة والموجودة به إلي الأنسجة . وبذا فإن جدار الشريان يشارك القلب جزئيا في عملة إذ أنه يدفع الدم إلي الأنسجة وقت الإرتخاء فيحول - نتيجة لذلك - التيار المتقطع للدم الخارج من القلب إلي تيار مستمر للأنسجة حتي تستطيع تلك الأنسجة أن تحصل علي إحتياجاتها من الأكسوجين والعناصر الغذائية بصفة مستمرة . ويفقد تصلب جدر الشرايين مرونتها ويسبب إرتفاع شديد في الضغط الإنقباضي بينما لا يرتفع الضغط الإرتخائي مما يؤدي إلي إرتفاع ضغط النبض (الفرق بين الضغطين) ويصبح مرور الدم إلي الأنسجة أقل إنتظاما

رابعا : حجم الدم بالنسبة لحجم الدورة الدموية :

يقل ضغط الدم إذا زاد حجم الدورة الدموية بالنسبة لحجم الدم . وهو ما يحدث في حالات النزيف . كما يقل الضغط أيضا في حالات الصدمات عندما تتفتح كل الشعيرات الدموية بالجسم فتزيد حجم الدورة الدموية بالنسبة لحجم الدم المار بها .

قطر الشرايين والعوامل المنظمة له والمؤثرة عليه

ينظم قطر الأوعية الدموية بصفة عامة والشرايين بصفة خاصة المركز المحرك للأوعية الدموية الموجود في النخاع المستطيل . ويضم هذا المركز مركزان يعملان بطريقة تبادلية أي أن تنبيه أحدهما يثبط الآخر وهما :

١) المركز القابض للأوعية الدموية Vasoconstrictor center : الذي يتصل بالأوعية الدموية بواسطة ألياف عصبية من الجهاز العصبي السمبثاوي . ويعمل علي إنقباض الأوعية الدموية .

٢) المركز الموسع للأوعية الدموية Vasodilator center : ويتصل بالأوعية الدموية بواسطة ألياف من الجهاز العصبي الجارسمبثاوي .

العوامل المؤثرة علي مراكز تنظيم أقطار الأوعية الدموية :

يوجد الكثير من العوامل المؤثر علي عمل مراكز تنظيم أقطار الأوعية الدموية . ويمكن تقسيم تلك العوامل إلي مجموعتين رئيسيتين : وهما العوامل العصبية والعوامل الكيميائية :

أولا : مجموعة العوامل العصبيــة : وتشمل

١) **قشرة المــخ** : فيمتقع وجه الفرد عند إحراجه لحدوث تنبيهات عصبية من قشرة المخ

٢) **الهيبوثالامـاس** : تعتبر الهيبوثالاماس من أهـم المراكـز المنظمـة لعمـل الجهـازالعصبي الذاتي (اللإرادي) والذي يرتبط إرتباطا وثيقا بطبيعة تغيير أقطـار الأوعيـة الدمويـة . حيـث يرتفع ضغط الدم الشرياني كثيرا في حالات الإنفعالات النفسية والعصبية .

٣) **مركز التنفس** : يرتفع ضغط الدم أثناء الشهيق وينخفض أثناء الزفير للأسباب التالية :

أ) زيادة كمية الدم الراجعة للقلب أثناء الشهيق فيزيد صادر القلب ويرتفع ضغط الدم

ب) مرور تنبيه من مركز الشهيق إلي المركز القابض للأوعية الدموية المجاوره له .

٤) **الأفعال المنعكسة من داخل الدورة الدموية** : توجد مناطق حساسة عند بدايـة الشرايين الكبيرة أي عند قوس الأورطـي (Aortic sinus) وعنـد الجيـب السباتي (Carotid sinus) تعمل علي تنظيم أقطار الشرايين . فتنشأ إشارات عصبية خاصة عند إرتفاع ضغط الدم في تلك المناطق . تتجه تلك الإشارات إلي المركز القابض للأوعية الدموية فتثبطه بينما تنبه المركز الموسع للأوعية الدموية فيقل الضغط .

٥) **الأفعال المنعكسة من خارج الدورة الدمويـة** : يؤثر تنبيه أي عصب في الجسم علي ضغط الدم . فيؤدي الإغتسال بالماء البارد مثلا إلي إرتفاع ضغط الدم نتيجة تنبيه المركز القابض للأوعية الدموية

ثانيا : مجموعـة العوامل الكيميائيــة : وتشمل :

١) **حموضــة الـدم** : تؤثر زيادة ثاني أكسيد الكربون ونقص الأكسوجين وزيـادة حموضة الدم علي ضغط الدم عن طريقين هما :

أ) عن طريق المراكز المحركة للأوعية الدموية . فتعمل علي إنقباضها وإرتفاع الضغط .

ب) عن طريق التأثير المباشر علي الأوعية الدموية فتعمل علي إتساعها .

٢) تؤدي زيادة نواتج التمثيل الغذائي (مثل حـامض اللاكتيك والهستامين والبوتاسيوم) إلي إتساع الشرايين عن طريق تأثيرها المباشر علي جدرها .

٣) تعمل بعض الهرمونات(مثل الأدرينالين) علي إنقباض الشرايين وإرتفاع ضغـط الدم . كما تـؤدي هرمونـات النخامية العصبية (مثـل الفازوبرسـين) إلي إنقبـاض العضـلات اللاإرادية كلها ومنها عضلات جدر الشرايين فيرتفع ضغط الدم .

أولا : مجموعة العوامل العصبية : وتشمل

١) قشرة المخ : فيمتقع وجه الفرد عند إحراجه لحدوث تنبيهات عصبية من قشرة المخ

٢) الهيبوثالاماس : تعتبر الهيبوثالاماس من أهم المراكز المنظمة لعمل الجهاز العصبي الذاتي (اللاإرادي) والذي يرتبط إرتباطا وثيقا بطبيعة تغيير أقطار الأوعية الدموية . حيث يرتفع ضغط الدم الشرياني كثيرا في حالات الإنفعالات النفسية والعصبية .

٣) مركز التنفس : يرتفع ضغط الدم أثناء الشهيق وينخفض أثناء الزفير للأسباب التالية :

أ) زيادة كمية الدم الراجعة للقلب أثناء الشهيق فيزيد صادر القلب ويرتفع ضغط الدم

ب) مرور تنبيه من مركز الشهيق إلي المركز القابض للأوعية الدموية المجاوره له .

٤) الأفعال المنعكسة من داخل الدورة الدموية : توجد مناطق حساسة عند بداية الشرايين الكبيرة أي عند قوس الأورطي (Aortic sinus) وعند الجيب السباتي (Carotid sinus) تعمل علي تنظيم أقطار الشرايين . فتنشأ إشارات عصبية خاصة عند إرتفاع ضغط الدم في تلك المناطق . تتجه تلك الإشارات إلي المركز القابض للأوعية الدموية فتثبطه بينما تنبه المركز الموسع للأوعية الدموية فيقل الضغط .

٥) الأفعال المنعكسة من خارج الدورة الدموية : يؤثر تنبيه أي عصب في الجسم علي ضغط الدم . فيؤدي الإغتسال بالماء البارد مثلا إلي إرتفاع ضغط الدم نتيجة تنبيه المركز القابض للأوعية الدموية

ثانيا : مجموعة العوامل الكيميائية : وتشمل :

١) حموضة الدم : تؤثر زيادة ثاني أكسيد الكربون ونقص الأكسوجين وزيادة حموضة الدم علي ضغط الدم عن طريقين هما :

أ) عن طريق المراكز المحركة للأوعية الدموية . فتعمل علي إنقباضها وإرتفاع الضغط .

ب) عن طريق التأثير المباشر علي الأوعية الدموية فتعمل علي إتساعها .

٢) تؤدي زيادة نواتج التمثيل الغذائي (مثل حامض اللاكتيك والهستامين والبوتاسيوم) إلي إتساع الشرايين عن طريق تأثيرها المباشر علي جدرها .

٣) تعمل بعض الهرمونات(مثل الأدرينالين) علي إنقباض الشرايين وإرتفاع ضغط الدم . كما تؤدي هرمونات النخامية العصبية (مثل الفازوبرسين) إلي إنقباض العضلات اللاإرادية كلها ومنها عضلات جدر الشرايين فيرتفع ضغط الدم .

هبـوط الـدورة الدمويـــة

يمر الدم بإستمرار داخل الدورة الدموية . حيث تتساوي كمية الدم التي تدخل أي جزء من أجزاء تلك الدورة مع الكمية الخارجة منه . ويؤدي إختلال هذا التوازن إلي هبوط الجهاز الدوري . من ذلك نري أن كلمة هبـوط قد تشمل إما الجهاز الدوري بأكمله أو جزء منه . وعليه يمكن تقسيم هبـوط الدورة الدموية إلي : هبـوط القلـب . وهبـوط الدورة الدمويـــة .

أولا : هبـوط القلـب :

وهو فشل أو عدم إستطاعة أحد بطينات القلب من دفع كل كمية الدم الواصلة إليه . وتختلف أعراض الهبوط بإختلاف عدم إستطاعة أحد البطينين علي دفع كل كمية الدم الواردة .

١) هبوط البطين الأيمن : يؤدي إلي تراكم الدم في الأذين الأيمن والأوردة الجوفاء فيرتفع ضغط الدم الوريدي مما يؤدي إلي الإصابة بالأوديما (الإرتشاح) الذي يتميز بزيادة رشح السوائل في الأنسجة زالبطين . كما تتضخم الأوردة في العنق والكبد .

٢) هبوط البطين الأيسر : ويؤدي إلي تراكم الدم في الأذين الأيسر والأوردة الرئوية حيث ينتج عن ذلك الأوديما الرئوية ورشح داخل الصدر . وهو أمر خطير إذ تتكون طبقةمن السائل بين الهواء الحويصلي والدم تمنع تبادل الغازات بينهما . وغالبا ما يؤدي هبـوط البطين الأيسر إلي هبوط في البطين الأيمن .

ثانيا : هبـوط الـدورة الدمويـــة :

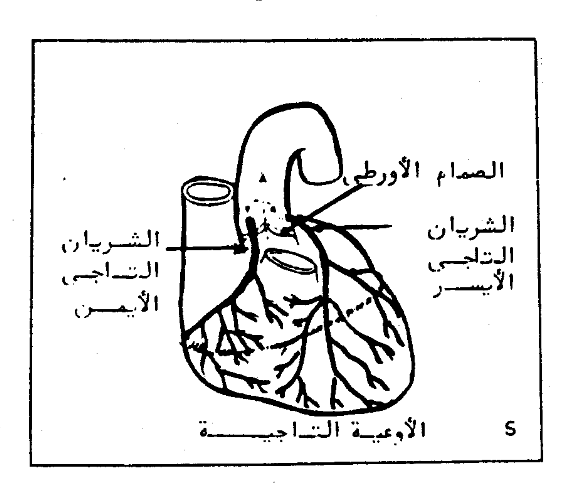
ويحدث نتيجة تراكم الهستامين الذي يفرز من الأنسجة والذي يعمل علي تمدد الشعيرات الدموية بالجسم فتزيد سعة الدورة الدموية بالنسبة لحجم الدم المار بها ويبقي الدم في الأنسجة وتقل كميته الراجعة إلي القلب فيقل صادر القلب وبالتالي ينخفض ضغط الدم .

الدورة التاجية أو الإكليلية للدم ومرض الذبحة الصدرية

Coronary Circulation and Angina Pectoris

لا يستطيع القلب الإستفادة من الدم الموجود به رغم إمتلائه دائما بـالدم . بل أن للقلب دورته الدموية الخاصة به . وتسمي دورة القلب الدموية بالدورة التاجية أو الـدورة الإكليليـة . وتغذي الدورة التاجية هذه عضلة القلب .

وتبدأ الدورة التاجية بشريانين تاجيين (Coronary arteries) يخرجان عند بداية الأورطي . وتوجد إتصالات بسيطة جدا بين فروع الشرايين التاجية . كما يوجد إتصال بينهما وبين الشرايين الموجودة بغشاء التامور ولكن لا تكفي تلك الإتصالات لتغذية عضلة القلب عند الإنسداد الحاد لأحد الشرايين التاجية (Acute coronary occlusion) أو عند الإصابة بمرض نقص الإمداد الدموي للقلب عند تصلب الشرايين (Atherosclerosis as the cause of Ischemic heart desease) ويعود دم الدورة التاجية عن طريق وريدين تاجيين تفتح في الأذين الأيمن. ويوضح الشكل التالي دورة القلب التاجية :

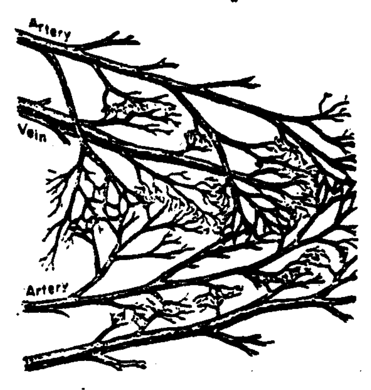


الأوعية التاجية

وعند حدوث ضيق في الشرايين التاجية أو عند تكون جلطة دموية تؤدي إلي إنسداد كلي أو جزئي في أحداها أو كليهما فإن ذلك يؤدي إلي حدوث نقص في درجة الإمداد الأكسوجيني للقلب بما لا يتلاءم مع العمل الذي يؤديه . وينشأ عن ذلك ما يعرف بمرض الذبحةالصدرية *Angina Pectoris* . وتتلخص

أعراض هذا المرض بالإحساس بآلام شديدة بالصدر تحت عظمة القص تمتد إلي الرقبة والكتف والزراع الأيسر . وتأتي هذه الأعراض علي شكل نوبات تظهر بعد عمل مجهود أوحدوث إنفعال نفسي . أما إذا كان إنسداد الشريان التاجي حاد أو نتيجة حدوث جلطة دموية فيه فإنه يصحب الأعراض السابقة ضيق في التنفس مصحوبا بقيئ وهبوط عام شديد وإرتفاع طفيف في درجة الحرارة وإنخفاض في ضغط الدم وزيادة عدد كرات الدم البيضاء .

هذا ويمكن قياس درجة قصور عمل القلب المتسبب نتيجة ضيق في الشرايين التاجية نتيجة لتطور الإصابة بتصلب جدرتلك الشرايين أو نتيجة إنسدادها الفجائي بمدي تطور ما يسمي بالدورة الدموية الجانبية (Collateral cerculation) والتي تتكون أو يمكن تكونها في مدي قصير بعد الإصابة بهذا الإنسداد أو القصور في الشرايين التاجية . فمن المعروف أنه يوجد إتصالات قليلة بين الشرايين التاجية الكبيرة . كما يوجد تفميمات أو مفاوهات (Anastomoses) بين لشرايين الصغيرة التي يتراوح قطرها ما بين ٢٠ : ٢٥٠ ميكرون كما يتضح من الشكل التالي :



وعند إنسداد أحد الشرايين التاجية الكبيرة يزيد حجم التفميمات الدقيقة إلي أقصي قطر طبيعي لها في مدي ثواني قليلة . ويصل مقدار الدم المار خلال تلك الأوعية الجانبية إلي أقل من نصف كمية الدم اللازمة للإبقاء علي العضلة القلبية التي تغذيها تلك الأوعية الدموية الجانبية حية . كما لا يمكن لتلك الأوعية من التمدد خلال الـ ٨ : ٢٤ ساعة التالية علي الإصابة . غير أنه تبدأ الدورة الدموية الجانبية في الزيادة إلي الضعف عند اليوم الثاني أو الثالث من الإصابة وتصل تقريبا إلي ما يساوي الإمداد الدموي التاجي في مدي شهر حيث يشعر المريض بتحسن أعراض الذبحة الصدرية .

الليمف والدورة الليمفية

الليمف هو سائل قلوي . تبلغ كثافته ١٠١٥ر١ . يشبه في تركيبة بلازما الدم إلا أنه أقل منها في محتواها من البروتينات . وتركيب الليمف - عامة - في تغير مستمر إذ أنه بتأثر بتغيير معدل التمثيل الغذائي في الأنسجة . كما يختلف بإختلاف العضو الذي يتكون فيه الليمف وقابلية الشعيرات الدموية للنفاذ . فيحتوي الليمف المتكون في الكبد والأمعاء - مثلا - علي نسبة أكبر من البروتين من الليمف المتكون في أي عضو آخر . ويحتوي الليمف علي نسبة أقل من الكالسيوم عند مقارنته بالدم .

والليمف قابلية للتجلط ولكن بدرجة أبطأ من تجلط الدم وذلك لقلة محتواه من الفيبرينوجين والبروثرومبين والكالسيوم عند مقارنته بالدم . ويوجد بالليمف كرات دموية بيضاء وهي الخلايا الليمفاوية التي تتكون في الغدد الليمفاوية . ولليمف دورة خاصة نوجزها فيما يأتي :

الدورة الليمفاوية بالجسم :

تبدأ الدورة الليمفاوية بشعيرات تشبه الشعيرات الدموية إلا أن أحد طرفيها يكون مغلقا . تتجمع الشعيرات الليمفاوية مع بعضها مكونة أوعية ليمفاوية تشبه الأوردة إلي حد كبير . تتجمع الأوعية الليمفاوية مع بعضها في قناتين ليمفاويتين هما :

١) القناة الليمفاوية اليسري : تحمل الليمف من القدمين والبطن والنصف الأيسر من الصدر والزراع والرأس والرقبة .

٢) القناة الليمفاوية اليمني : وتجمع ليمف نصف الصدر والرأس والرقبة الأيمن والزراع الأيمن .

وتفتح القناتان الليمفاويتان في الوريد الأجوف العلوي . وبذلك يعود السائل الذي يرشح من الدم إليه مرة أخري قبل دخوله إلي القلب (البطين الأيمن) .

العوامل المؤثرة علي رجوع الليمف إلي القلب :

ويؤثر علي رجوع الليمف إلي القلب نفس العوامل التي تساعد علي رجوع الدم إلي القلب وهي

١) إنقباض العضلات : يؤدي إنقباض العضلات إلي الضغط علي السوائل الموجودة بالأنسجة فتدفعها في الأوعية الليمفاوية . ولا يعود الليمف المدفوع في هذه الحالة عند إرتخاء العضلات لإحتواء الأوعية الليمفاوية علي صمامات خاصة تمنع رجوع الليمف عكس إتجاه القلب شأنها في ذلك شأن الأوردة .

٢) الضغط السالب داخل تجويف الصدر . حيث يساعد علي رجوع الليمف من الأجزاء السفلية .

٣) حركات التنفس : تزيد حركات التنفس من مقدار الضغط السالب داخل تجويف الصدر أثناء الشهيق مما يؤدي إلي رجوع الليمف في إتجاه التجويف الصدري (القلب) .

٤) الجاذبية الأرضية : التي تساعد علي رجوع ليمف مستويات الجسم العليا إلي القلب .

٥) التدليك : وهو يعمل نفس فعل إنقباض العضلات . وعندئذ يجب أن يكون التدليك بالضغط المباشر يليه الضغط في إتجاه القلب .

وظائف الدورة الليمفاوية : تتلخص وظائف الدورة الليمفا وية فيما يلي :

١) تعمل كمصرف تصب فيه السوائل الزائدة في الأنسجة .

٢) تمنع تراكم السوائل في الأنسجة فيظل الضغط المائي فيها منخفضا مما يعمل علي تسهيل ترشيح السوائل من الدم إلي الأنسجة .

٣) الغدد الليمفاوية هي عبارة عن تجمعات من خلايا ليمفاوية توجد علي طول الأوعية الليمفاوية وتعمل هذه الغدد كمرشحات تمتص الميكروبات والمواد الغريبة الضارة من الليمفل لتخلص منها وبذا تمنع مرورها في الدم .

٤) تقوم خلايا الغدد الليمفاوية بإنتاج الكرات الليمفاوية (الكرات البيضاء) للدم .

من كل ما تقدم نري أن من أهم وظائف الجهاز الليمفاوي في الجسم هو منع تراكم السوائل في الأنسجة المختلفة . إلا أنه يظهر أعراض خاصة في حالة زيادة كمية سوائل الأنسجة زيادة غير طبيعية لأي سبب من الأسباب . وتعرف مجموع تلك الأعراض بالإرتشاح أو الورم المائي أو الأوديما (Edema) .

الأوديما

وهي ظهور ورم مائي نتيجة لصعوبة رجوع السوائل الموجودة بالأنسجة إلي الدم عن طريق الدورة الليمفاوية مما يؤدي إلي وجود كمية زائدة من السوائل البين خلوية في الأنسجة .

أنواع الأوديما : للأوديما أنواع كثيرة تختلف في أعراضها بإختلاف المسبب ومكان حدوثها وهي:

١) الأوديما القلبية : وتظهر عند حالات هبوط القلب حيث يتجمع الدم في الأوردة . فيرتفع ضغط الدم داخلها وداخل الطرف الوريدي للشعيرة الدموية . فيمنع رجوع السوائل المترشحة في الطرف الشرياني إلي الدم مرة أخري عن طريق الليمف . وتختلف أعراض هذه الأويما بإختلاف نوع الهبوط الحادث في القلب .

فإذا حدث الهبوط في البطين الأيمن تتكون أوديما الأرجل والبطن . أما إذا حدث الهبوط في البطين الأيسر تكونت أوديما الرئة .

٢) الأوديما الكلوية : وتنشأ في حالات الإصابة بالإلتهابات المزمنة في الكلي تؤدي إلي فقد بعض بروتينات البلازما في البول .فيقل ضغط الدم الغروي (القوة الماصة) فتتكون الأوديما الكلوية .

٣) الأوديما الموضعية : وتظهر عند حدوث ضغط علي الأوردة كما يحدث أثناء الحمل . أو نتيجة لإنسداد أي وريد (جلطة) كما في حالة مرض الإستسقاء الذي يصحب الإصابة بالبلهاريسيا . ويكون نتيجة لذلك كله إرتفاع الضغط داخل الوريد . يستتبعه زيادة في الضغط داخل الطرف الوريدي للشعيرة . فيمنع ذلك رجوع السوائل المرشحة إلي الدم . وتظهر عندئذ الأوديم الموضعي .

٤) أوديما إنسداد الأوعية الليمفاوية : يؤدي إنسداد الأوعية الليمفاويية إلي منع رجوع الليمف إلي الدم وظهور أعراض الأوديما .

٥) الأوديما الغذائية : تظهر هذه الأوديما نتيجة نقص المواد البروتينية في الغذاء مما يؤدي إلي نقص بروتينات البلازما فينخفض الضغط الغروي للدم . وتقل كمية السائل الممتصة من الأنسجة عن كمية السائل المترشحة فتظهر بذلك أعراض هذا النوع من الأوديما .

٦) الأوديما الناتجة من زيادة نفاذية الشعيرات الدموية : حيث تترك بعض بروتينات البلازما (الألبيومين) البلازما إلي سوائل الأنسجة . فينشأ ضغطا أسموزيا يمنع أو يقلل رجوع السوائل إلي الدم وتزداد نفاذية الشعيرات الدموية للبروتينات في حالات التسمم بالزئبق أو عند زيادة تركيز الهستامين

الجهاز الشبكي الإندوثيليومي

وهو جهاز خاص تنتشر خلاياه في كل عضو من أعضاء الجسم . وتتميز تلك الخلايا بقدرتها علي إلتهام الأجسام ذات الجزيئات الكبيرة والغريبة عن الجسم . كما تتميز خلايا هذا النسيج بوجودها في أنسجة الجسم إما علي حالة ثابتة أو متحركة . وتمثل الحالة الأخيرة الخلايا الأحادية النواة الموجودة في الدم . ويمكن معرفة خلايا هذا الجهاز عن طريق الحقن بصبغة البيرول الزرقاء حيث تصبغ هذه الخلايا باللون الأزرق .

وظائف الجهاز (النسيج) الشبكي الإندوثيليومي :

١) **وظيفة دفاعية :**

أ) تقوم خلايا هذا النسيج بإلتهام الأجسام الغريبة والميكروبات التي قد تنجح في دخول الجسم وتختلف عن خلايا الدم البيضاء في كون لها القدرة علي إالتهام الأجسام الكبيرة نسبيا.

ب) تحد هذه الخلايا من إمتداد الإلتهابات حيث تتحول إلي ألياف تحيط ببؤرة الإلتهاب وتمنع إمتدادها وإنتشارها إلي أجزاء أخري سليمة.

٢) **وظيفة بنائية :**

تلتهم خلايا هذا النسيج الأنسجة الميتة وتهضمها بواسطة إنزيمات خاصة موجودة في سيتوبلازمها فتوفر بذلك المواد البروتينية لبناء أنسجة جديدة.

٣) كما أنها تقوم بإلتقاط الكرات الدموية الحمراء الميتة وتحول الهيموجلوبين إلي أصباغ الصفراء.

الطحال

وهو عضو غير أساسي للحياة . يوجد في الإنسان تحت الحجاب الحاجز مباشرة بالجهة اليسري لأعلي التجويف البطني . ويغطي الطحال من الخارج بطبقتين من العضلات الغير إرادية تغذيها أعصاب سمبثاوية . يسبب تنبيهها إنقباض عضلات الطحال ودفع مخزونه من الدم إلي الدورة الدموية . وينقبض غلاف الطحال في حالات الإنفعالات النفسية والنزيف

وظائف الطحال :

للطحال وظائف عديدة لها أهمية خاصة سواء أكانت تحت الظروف العادية أو في الظروف الخاصة . وفيما يلي وظائف الطحال :

١) يعمل الطحال كمخزن للدم الغني بالكرات الدموية . فإذا حدث نزيف إنقبض الطحال ودفع ما به من دم مخزون إلي الدورة الدموية لتعويض الفقد في الدم نتيجة النزيف.

٢) يقوم الطحال والكبد بإنتاج الكرات الدموية الحمراء والبيضاء في الشهور الأولي من الحمل. ويتوقف الطحال عن إنتاج هذه الكرات في الشهور الأخيرة حيث يقوم نخاع العظام بإنتاج كرات الدم الحمراء . بينما يستمر الطحال في إنتاج كرات الدم البيضاء والكرات الليمفاوية.

٣) يكسر الطحال كرات الدم الحمراء القديمة ويحول الهيموجلوبين إلي أصباغ الصفراء ويخزن الحديد للإستعماله في إنتاج الكرات الدموية الحمراء الجديدة.

٤) الطحال من الأعضاء الغنية بالنسيج الشبكي الإندوثيليومي الذي يساعد في الدفاع عن الجسم. لذلك يصاب الطحال بالتضخم في معظم الأمراض.

الجهـــاز الهضمـــــي
The Digestive System

الجهاز الهضمي هو مجموعة الأعضاء والتراكيب الخاصة التي تقوم بتجهيز المتطلبات الغذائية اللازمة لجميع أجهزة الجسم وأعضائه المختلفة . كما تقوم بالتخلص من نواتج عملها من المواد الصلبة والمركبات الغازية التي قد يكون لبقائها داخل الجسم أضرار بالغة علي صحة وسلامة الكائن الحي .

أهميـــة دراسة الجهـــاز الهضمي :

تكمن أهمية دراسة الجهاز الهضمي لمختلف الأجناس من الحيوانات الزراعية في معرفة نوعية وطريقة تغذية كل جنس من هذه الأجناس ومحاولة تغذية هذه الحيوانات وتكوين علائقها من المواد الغذائية المتاحة بما يتفق وطبيعة تكوين وتركيب وقدرة أجهزتها الهضمية .

فلقد عرفنا نتيجة لهذه الدراسة طبيعة غذاء الحيوانات وحيدة المعدة كما عرفنا طبيعة الإختلاف في مقدرة الحيوانات المجترة لإستفادة بمتخلفات الحقل المختلفة ونباتات المراعي المتعددة . كما عرفنا من نتائج هذه الدراسة تركيب الجهاز الهضمي في الطيور الزراعية (الدجاج - البط - الأوز - الرومي - الحمام . السمان ... وغيرها) ووقفنا علي حقيقة هامة وهي عدم مقدرتها علي الإستفادة من النسبة العالية من الألياف في علائقها . كما يستطيع المحلل لنتائج دراسة طبيعة الهضم في الحيوانات الزراعية والتي تختلف بإختلاف أنواع الإنزيمات الموجودة في عصاراتها الهضمية المختلفة أن يفهم مغزي طرق تكوين علائق تلك الحيوانات من مواد غذائية تتفق وطبيعة تركيب تلك العصارات والإنزيمات الهضمية .

أجزاء الجهـــاز الهضمـــي :

يتخذ تركيب أو تكوين الجهاز الهضمي لمختلف أجناس الحيوانات الزراعية الثديية والطيور أشكالا عدة تتفق . كما سبق أن ذكرنا . وطريقة التغذية علي المواد المتاحة في البيئة التي تعيش عليها . ويمكن ملاحظة هذا التحور في التركيب عند ملاحظة الإختلاف في تركيب الجهاز الهضمي للثدييات العادية والمجترات منها والطيور .

وعلي العموم - تشترك الحيوانات علي مختلف أجناسها وأنواعها في كون أجهزتها الهضمية تتكون من أجزاء أساسية وينحصر الإختلاف بينها في حدوث تحور لبعض هذه الأجزاء

بما يتفق ووظيفة جهازها الهضمي وطبيعة ونوعية الغذاء الذي تعيش عليه وهو ما سوف نوضحه في حينه . وعليه فسنقوم فيما يلي بشرح مبسط لتركيب ووظيفة الأجزاء المشتركة من الجهاز الهضمي .

١) الفـــم (Mouth) :

وهو عبارة عن تجويف مبطن من الداخل بنسيج طلائي متعدد الطبقات . عادة ما يحتوي علي تراكيب خاصة لها وظيفة محددة مثل تناول الغذاء وتجهيزه التجهيز الأولي ثم دفعه داخل القناة الهضمية . تلك التراكيب هي اللسان والأسنان . ويفتح الفم في البلعوم كما يصب فيه قنوات الغدد اللعابية .

٢) البلعـــوم (Pharynx) :

وهو قناة مشتركة بين الجهازين الهضمي والتنفسي . وهو ممرللبلعة الغذائية فقط .

٣) المـــرئ Oesophagus :

قناة رفيعة تصل البلعوم بالمعدة . وهو مبطن بنسيج طلائي متعدد الطبقات يتكون جدارة من عضلات إرادية في ثلثه العلوي وخليط من عضلات إرادية وعضلات غير إرادية في ثلثه الأوسط أما ثلثه السفلي فيتكون من عضلات كلها من النوع اللاإرادي . وهو أضيق أجزاء القناة الهضمية عند ثلثه السفلي الذي يفتح في المعدة بفتحة تعرف بفتحة الفؤاد .

٤) المعـــدة Stomach :

وهي عضو عضلي . يبطن من الداخل بغشاء مخاطي توجد به عديد من الغدد الإسطوانية المفرزة للعصارة المعدية . ويتكون جدار المعدة من ثلاثة طبقات من العضلات اللاإرادية : إحداها طبقة من العضلات الطولية والثانية طبقة من العضلات الدائرئة أما الثالثة فتتكون من عضلات مائلة . ويكسو المعدة من الخارج غشاء رقيق يعرف بالغشاء البريتوني . ويفتح المرئ في المعدة بفتحة الفؤاد كما ذكرنا كما توجد للمعدة فتحة أخري تعرف بفتحة البواب توجد عند إتصال المعدة بالإثني عشر .

٥) الأمعاء الدقيقـــة Small intestine :

وهي قناة طويلة ملتفة يختلف طولها بإختلاف الحيوانات . ويصل طولها في الإنسان إلي حوالي ٦٫٥ مترا . وهي تبدأ بفتحة البواب وتنتهي عند الزوائد الأعورية عند بداية الأمعاء الغليظة . وتنقسم الأمعاء الدقيقة إلي جزئين رئيسيين مميزين هما الإثني عشر واللفائفي . وعادة ما تكون الإثني عشر

علي شكل حرف (U) تحتضن بين زراعيها البنكرياس . وتبطن الأمعاء الدقيقة بغشاء مخاطي به غدد تفرز العصارة المعوية . كما توجد بالغشاء المخاطي هذا زوائد (خمائل) وظيفتها إمتصاص الغذاء المهضوم . وتتكون جدر الأمعاء الدقيقة عادة من طبقتين من العضلات اللاإرادية إحداهما طولية والأخري دائرية .وتغطي الأمعاء الدقيقة من الخارج بالغشاء البريتوني .

٦) الأمعاء الغليظة Large intestine :

وهي عبارة عن أنبوبة أكبر قطرا من الأمعاء الدقيقة تنتهي بالمستقيم الذي يفتح بفتحة الشرج أو المجمع . وهي فتحة القناة الهضمية عند المؤخرة .

٧) ملحقات القناة الهضمية :

وتشمل الغدد اللعابية والكبد والبنكرياس . وكلها غدد تشارك في عمليات الهضم والتمثل الغذائي للمواد الغذائية عن طريق إفراز إنزيمات متخصصة .كما يفرز بعضها هرمونات خاصة مثل البنكرياس الذي يفرز هرمونات (الإنسولين والجلوكاجون) حفظ الثبات الذاتي لجلوكوز الدم .

وظائف الجهاز الهضمي :

يمكن تقسيم وظائف الجهاز الهضمي إلي مجموعات من الوظائف التخصصية . تختص بكل واحدة منهامجموعة من الإعضاء المكونة لهذا الجهاز . وهي :

١) تناول الغذاء .
٢) طحن الغذاء ومضغه .
٣) إدخال الغذاء الممضوغ إلي القناة الهضمية وهو ما يعرف بالبلع .
٤) هضم المواد الغذائية أي تحويلها إلي مواد أكثر بساطة يستطيع الجسم أن يستفيد بها .
٥) إمتصاص نواتج الهضم المختلفة من القناة الهضمية وتوزيعها علي جميع أجزاء الجسم عن طريق الجهاز الدوري لكي يتم إستخدامها إما علي الصورة التي تم إمتصاصها بها أو بعد تحويلها إلي مركبات أخري .
٦) إستخدام نواتج الهضم الممتصة في عمليات إنتاج الطاقة اللازمة لجميع العمليات الحيوية وتخزين الزائد منها لإستخدامه وقت الحاجة علي مختلف الصور وهو ما يطلق عليه بالتمثيل الغذائي للمركبات الغذائية المهضومة .

وسنتناول كل وظيفة من الوظائف السابق ذكرها بشيئ من التحليل المختصر .

أولا : تناول الغــــذاء Prehension of food

يقصد بتناول الغذاء إمساكه وإدخاله داخل الفم . وتختلف طرق ووسائل تناول الغذاء باختلاف أجناس الحيوانات . فتقوم الحيوانات ذات المخالب - مثلا - بإمساك فريستها (الغذاء) بواسطة مخالب أرجلها الأمامية . إلا أنها لا تستعمل هذه الأرجل أو تلك المخالب في نقل أو إدخال الغذاء إلي الفم , وعموما . تعتبر الشفاه والأسنان واللسان من وسائل تناول الغذاء وإدخاله في الفم في معظم الحيوانات المستأنسة . إلا أنه تختلف أهمية كل وسيلة من هذه الوسائل ودرجة كفاءتها في إتمام عملية تناول الغذاء بإختلاف أجناس الحيوانات . وهو ما سنوجزه شرحا فيما يلي :

١) تعتبر الشفة العليا في الحصان من أهم الوسائل المستخدمة في تناول الغذاء لما تتمتع به من حساسية وقوة وقابلية للحركة . فتقوم الشفة العليا . في حالة التغذية علي المراعي أو علي علائق مجهزة - بتناول الغذاء لمضغه بين القواطع حيث يتم قطعه . ثم تقوم الشفة العليا أيضا بجمع الحشائش المقطوعة بمساعدة اللسان لإتمام إدخالها إلي الفم .

٢) أما في الأبقار فيعتبر اللسان من أهم الوسائل لتناول الغذاء . حيث تكون الشفاة في هذه الحالة محدودة الحركة . لذا فهي لا تعتبر وسيلة أساسية من وسائل تناول الغذاء كما هو الحال في الحصان مثلا . واللسان في الأبقار طويل متحرك وخشن مما يعطيه القدرة الفائقة علي الخروج من الفم ليلتف حول الحشائش وسحبها إلي القواطع وتحت وسادة الأسنان العليا حيث يتم قطعها .

٣) وتتمتع الأغنام بشفاة عليا مشقوقة مما يعطيها المقدرة علي الرعي علي مستوي قريب من سطح الأرض . إلا أنها لا تعتبر وسيلة من الوسائل الأساسية في تناول الغذاء . ولكن القواطع واللسان هي وسائل الأغنام للحصول علي الغذاء .

ثانيا : المضـــغ Mastication

وهي عملية ميكانيكية تساعد علي تخفيض حجم الغذاء المتناول في الفم . ويتم المضغ بواسطة القواطع والأضراس . وتكمن أهمية هذه العملية فيما يلي :

١) تقوم بتجزئة الغذاء حتي يسهل فعل العصارات الهضمية علية .

٢) يسهل عملية مزج الغذاء باللعاب مما يسهل عملية بلعه .

ولا يتخذ المضغ أهمية واحدة في كل أجناس الحيوانات . فهو في آكـــلات اللحوم (Carnivores)

غير تام كلية . إلا أنه في آكلات العشب (Herbivores) فإنه يكتسب أهمية قصوي ويصبح تاما نظرا للحجم الكبير للغذاء المتناول . إلا أنه في الحيوانات آكلات العشب المجترة لا يتم أثناء تناول الغذاء بل يتم أثناء إعادة المضغ (الإجترار) . وتحتل القوارض (Onmivores) - وهي الحيوانات التي تأكل شيئا من عشب ولحوم . مركزا وسطا بين آكلات اللحوم وآكلات العشب .

وتتم عملية المضغ بواسطة الأضراس والأسنان يساعدها حركة الفك السفلي . فمن المعروف أن لكل الحيوانات المقدرة علي تحريك الفك السفلي حركة راسية (إلي أعلي وإلي أسفل) ويعتبر هذا النوع من الحركة أهم حركات الفك السفلي في الحيوانات آكلات اللحوم بينما للحيوانات آكلات الأعشاب القدرة علي تحريك فكها اسفلي حركة جانبية (إلي اليمين وإلي اليسار) بجانب الحركة الرأسية .كما أن لها القدرة علي تحريكه إلي الأمام وإلي الخلف . وعموما فتتفق طبيعة حركة الفك السفلي وطبيعة الأسنان من حيث عددها وتركيبها وقوتها مع نوعية الغذاء الذي تتغذي عليه الحيوانات .

ثالثا : البلع Deglutition

يتحول الغذاء بعد هضمه إلي كتلة مستديرة تعرف بالبلعة . توضع البلعة علي الجزء الخلفي من اللسان . وتنقسم عملية البلع في الغالبية العظمي من الحيوانات الزراعية إلي المراحل التالية .

١) ينقبض اللسان . نتيجة لحركة إرادية . لدفع البلعة إلي البلعوم .
٢) يرتخي البلعوم لإستقبال البلعة وتقفل في نفس الوقت فتحة الجهاز التنفسي عن طريق غلق فتحة الأنف الداخلية بواسطة سقف الحلق الرخو واللهاه وفتحة الحنجرة بواسطة لسان المزمار . وتتوقف كذلك عملية التنفس مؤقتا حتي تمنع مرور الغذاء في المسالك التنفسية .
٣) تمر البلعة بعد ذلك من البلعوم إلي المرئ ثم إلي لمعدة بمساعدة الحركة الدودية الغير إرادية .

وتختلف طبيعة عملية البلع في الطيور بإختلاف أجناسها . فتتم في كل من الأوز والبط والدجاج نتيجة للجاذبية الأرضية والضغط السالب الناتجين في المرئ عند رفع هذه الطيور رأسها إلي أعلي مع مط رقبتها إلي الأمام . ولا تملك مثل هذه الأجناس من الطيور سقف حلق رخو يساعدها علي دفع البلعة الغذائية والماء إلي أسفل كما هو الحال في الثدييات وبعض أجناس من الطيور كالحمام .

ويختلف الوقت الذي يستغرقة الغذاء في المرور في القناة الهضمية بإختلاف أجناس الطيور كما يختلف بإختلاف نوع الغذاء وكميته في الحوصلة ومحتواه المائي حيث يتراوح ما بين ٢ : ٢٤ ساعة تبعا لصلابة وتماسك الغذاء إلي جانب العوامل السابقة الذكر .

رابعا : الهضم Digestion

يتم الهضم في الأجزاء المختلفة من القناة الهضمية بواسطة إفراز عصارات تحتوي علي إنزيمات خاصة . وتختلف تركيب هذه العصارات بإختلاف الجزء من القناة الهضمية الذي يقوم بإفرازه . ويكمن إختلاف هذه العصارات في إختلاف محتواها من الأنواع المختلفة من الإنزيمات التي تقوم بهضم المواد الغذائية المختلفة . لذا يتم الهضم في كل جزء من أجزاء القناة الهضمية علي درجات متفاوتة . وعليه يمكن تقسيم عملية الهضم إلي الأقسام التالية تبعا للجزء الذي يتم فيه الهضم كأن يقال الهضم في الفم والهضم في المعدة والهضم في الأمعاء الدقيقة والهضم في الأمعاء الغليظة تسهيلاللدراسة :

أولا : الهضم في الفم :

للهضم في الفم أهمية قليلة إذا قيس بعمليات الهضم التي تتم في باقي أجزاء القناة الهضمية . ويتم الهضم في الفم بواسطة اللعاب الذي يعمل علي ترطيب البلعة الغذائية وتجهيزها لتسهيل عملية البلع . ويفرز اللعاب من الغدد اللعابية والتي يوجد منها غالبا ثلاثة أزواج هما :

١) الغدد النكافية Paroted glands

٢) الغدد تحت الفك Submaxillary glands

٣) الغدد تحت اللسان Sublingual glands

بالإضافة إلي مجموعة من الغدد الصغيرة المنتشرة في الغشاء المخاطي المبطن للفم التي تقوم بإفراز مخاط .

وتتركب الغدة اللعابية من نوعين أساسين من الخلايا المحببة السيتوبلازم :

١) الخلايا المخاطية ذات حبيبات كبيرة وظيفتها الأساسية إفراز المادة المخاطية في اللعاب

٢) الخلايا المصلية وهي ذات حبيبات صغيرة نسبيا وتقوم بإفراز السائل المصلي للعاب الذي يحتوي علي الإنزيمات .

وقد تحتوي الغدة اللعابية علي خلايا مصلية فقط كما هو الحال في الغدد النكفية في الإنسان أو تحتوي علي كلا النوعين من الخلايا (المصلية والمخاطية) مثل الغدد تحت الفك والغدد تحت اللسان في الإنسان .

تركيب اللعاب :

اللعاب سائل لزج عديم اللون . تبلغ كثافته النوعية في الإنسان ١٫٠٠٢ : ١٫٠٠٨ . وتختلف حجم الكمية المفرزة منه يوميا بإختلاف أجناس الحيوانات . فيبلغ حجمه في الإنسان من ١ : ١٫٥ لتر /يوم . وتختلف درجة حموضة اللعاب بإختلاف مكان وجوده فيميل إلي الحموضة وهو في داخل قنوات الغدد اللعابية لإحتوائه علي غاز ثاني أكسيد الكربون الذائب بينما هو في الفم قلوي التأثير لفقده غاز ثاني أكسيد الكربون مما يؤدي إلي تحول الـ pH إلي الناحية القلوية . ويتركب اللعاب من الماء الذي يمثل نحو ٩٩٫٥٪ من مجموع مكوناته بينما تكون المادة الجافة نحو ٠٫٥٪ من تلك المكونات .وتتكون المدة الجافة للعاب من :

١) المواد العضوية : وتمثل نحو ٠٫٣٪ من مجموع مكونات اللعاب الصلبة وتشمل :

أ) الإنزيمات الموجودة في اللعاب وهي إنزيم البتيالين الذي يحلل النشا إلي دكسترين ومالتوز . كما يشمل إنزيم المالتيز الذي يحلل سكر المالتوز وإنزيم الليزوزيم الذي يقوم بتكسير جدر الخلايا الميكروبية .

ب) مخاط وآثار من البولينا وبعض بروتينات البلازما مثل الألبيومين والجلوبيولين .

٢) المواد الغير عضوية : وتمثل ٠٫٢٪ من مجموع مكونات اللعاب الصلبة وتشمل :

١) كلوريد الصوديوم والبوتاسيوم اللذان يعتبران من العوامل المساعدة لعمل البتيالين

٢) بيكربونات وفوسفات الصوديوم التي تعمل كمخففات للحموضة حيث تقوم بمعادلة حمض الأيدروكلوريك المعدي .

٣) أملاح الكالسيوم التي تذوب في الوسط الحمضي ولكنها تترسب في الوسط القلوي فتوجد ذائبة في اللعاب وقت إفرازه مباشرة ثم تترسب بعد ذلك علي هيئة أملاح كالسيوم علي الأسنان لتحول اللعاب في هذه الحالة ناحية القلوية .

٤) غازات مثل الأكسوجين وثاني أكسيد الكربون .

تنظيم إفراز اللعاب :

يقع إفراز اللعاب تحت تنظيم مراكز عصبية خاصة موجودة علي النخاع المستطيل تتصل بالغدد اللعابية وباقي أجزاء القناة الهضمية . كما تتصلل بالمخ عن طريق ألياف عصبية حسية وتعتبر الأعصاب المغذية للغدد اللعابية خليط من الأعصاب السمبثاوية والجارسمبثاوية وخلايا مراكز تنظيم اللعاب نشطة بإستمرار مما يؤدي إلي إستمرار وجود كميات خاصة من اللعاب في الفم بصرف النظر عن وجود أو عدم وجود الطعام . إلا أن وجود الطعام أو الشعور بوجوده يؤدي إلي إفراز كميات إضافية من اللعاب تتناسب مع نوع الغذاء المتناول ويقع إفراز اللعاب في هذه الحالة تحت تأثير فعلين هما :

١) الفعل المنعكس الشرطي نتيجة التفكير في الطعام أو رؤيته أو شمه . ويحتاج هذا التأثير إلي وقت للتعود عليه حتي يتم .

٢) الفعل المنعكس الشرطي المتولد نتيجة تنبيه الغشاء المخاطي المبطن للفم إما بالطعام نفسه أو بأي مؤثر آخر (مثل اللبان او إستعمال أدوات طبيب الأسنان في الإنسان)

وظـــائف اللعـــاب :

يقوم اللعاب بوظائف عديدة نذكر منها ما يأتي :

١) ترطيب الطعام أثناء المضغ حتي يسهل بلعه . وتتناسب كمية اللعاب المفرز تناسبا طرديا مع طول مدة المضغ ممايؤدي إلي التحكم في المحتوي المائي للبلعة الغذائية وفقا لمحتواها الأصلي من الماء . فلا يحتاج الطعام السائل المحتوي علي نسبة عالية من الماء إلي لعاب كثير وبالتالي لا يتم مضغه لوقت طويل بل يبلع بسرعة مما يقلل كمية اللعاب المفرز .

٢) إذابة وترطيب بعض الأطعمة الصلبة حتي يمكنتذوقها .

٣) تنظيف الفم والأسنان من بقايا الطعام . ويقل إفراز اللعاب في الإنسان بدرجة كبيرة عند الإصابة بالحمي مما يؤدي إلي تراكم بقايا الطعام علي الأسنان مكونة طبقة بيضاء كريهة الرائحة .

٤) يحمي اللعاب الغشاء المخاطي المبطن للفم من تأثير الأحماض والقلويات التي قد توجد بالطعام .

٥) يعادل اللعاب من حموضة حمض الإيدروكلوريك المعدي .

٦) ينظم اللعاب كمية الماء الموجودة بالجسم . إذ يشعر الحيوان بالعطش عندما تقل كمية الماء الموجودة بجسمه .

٧) يقوم اللعاب بإخراج بعض المواد الضارة بالجسم مثل التراب وبعض الجراثيم .

٨) يساعد اللعاب الإنسان علي الكلام إذ أه يرطب أجزاء الفم الرخوة .

٩) يقوم اللعاب بجزء من عمليات الهضم لوجود إنزيم البتيالين الذي يهضم المواد النشوية المطبوخة إلي دكسترينات كما يحتوي علي إنزيم المالتيز الذي يحلل سكر المالتوز .

ثانيا : الهضم في المعدة :

المعدة هي أوسع أجزاء القناة الهضمية . وتختلف في شكلها وحجمها بإختلاف أجناس الحيوانات . إلا أنه يمكن تقسيم الحيوانات تبعا لشكل معدتها إلي قسمين رئيسيين هما :

١) الحيوانات ذات المعدة البسيطة Monogastric animals : مثل الأرانب والفصيلة الخيلية .

٢) الحيوانات ذات المعدة المجترة Ruminant animals : مثل الفصيلة البقرية والجمال والأغنام والماعز

تركيب العصارة المعدية :

العصارة المعدية سائل شديد الحموضة . يبلغ حجمها في الإنسان ٢ : ٣ لتر يوميا . يفرز بواسطة الغدد الأنبوبية التي تقع في الغشاء المبطن للمعدة والتي يختلف عددها ونوع إفرازاتها بإختلاف أجزاء ومناطق النعدة المختلفة . فتقوم الغدد الموجودة في منطقة القاع بإفراز حمض الأيدروكلوريك والمخاط والإنزيمات بينما تقوم الغدد الموجودة في منطقة البواب والفؤاد بإفراز المخاط فقط . ويتركب العصارة المعدية من ٩٧٫٥٪ ماء ، ٢٫٥٪ مادة جافة . وتنقسم المادة الجافة إلي :

١) مواد عضوية : وتشمل المخاط وإنزيمات البسين والرينين وليباز المعدة

٢) مواد غير عضوية : وتشمل حمض الأيدروكلوريك والأملاح المعدنية مثل كلوريد الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم وفوسفات الماغنسيوم والحديد والكالسيوم .

وظائف العصارة المعدية :

أولا : وظائف حمض الأيدروكلوريك :

١) يحول إنزيم البسينوجين الغير فعال إلي بسين فعال . كما يهيئ للأخير الوسط الحمضي الملائم لفعله

٢) يساعد علي إذابه بعض الأملاح الغير عضوية مثل كربونات الكالسيوم وأملاح الحديد فيسهل إمتصاصها .

٣) يقوم بقتل الميكروبات التي قد تدخل عن طريق الطعام . ما عدا ميكروبات السل .

٤) يحلل السكريات الثنائية والدهون تحليلا مائيا .

٥) يرسب كازين اللبن .

٦) ينبه إفراز هرمون السكرتين الذي ينبه إفراز العصارة البنكرياسية من الإثني عشر .

ثانيا : وظائف الإنزيمات :

١) يقوم الببسين والذي يعرف بالبروتياز المعدي بتحليل البروتينات إلي بروتيوزات وبتونات

٢) يقوم الرينين أو المنفحين بتجبين اللبن في معدة صغار الحيوانات . حيث يحول كازينوجين اللبن إلي باراكازين الذي يتحد مع أملاح الكالسيوم مكونا باراكازينات الكالسيوم الغير ذائبة في الماء وبذا يبقي اللبن مدة أطول في المعدة حيث يتأثر بحمض الأيدروكلوريك المعدي وتقتل جميع الميكروبات الموجودة به . ولا يعمل هذا الإنزيم في وسط شديد الحموضة لذا فإننا نجد أنه ليس له تأثير كبير في معدة الحيوانات البالغة ولكنها تعمل في معدة الحيوانات الرضيعة والتي تقل فيها نسبة حمض الأيدروكلوريك

ثالثا : وظيفة المخاط :

يحمي المخاط الغشاء المخاطي المبطن للمعدة من تأثير حمض الأيدروكلوريك .

تنظيم إفراز العصارة المعدية :

تتوقف الكمية المفرزة من العصارة المعدية علي حالة الحيوان فتزداد في حالات الجوع وتقل في حالات الشبع .ويقع إفراز العصارة المعدية تحت التأثير التنظيمي لثلاثة أنواع من المؤثرات أو التنبيهات :

١) التنبيه العصبي : يحدث هذا النوع من التنبيهات العصبية عن طريق مراكز معينة تنقل تأثيراتها إلي الغدد المعدية عن طريق العصب الحائر نتيجة لتأثير نوعين من المؤثرات العصبية هما

١) رؤية الطعام أو شمه . وهو ما يسمي بالفعل المنعكس الشرطي .

٢) وجود الطعام داخل الفم . وهو ما يطلق عليه الفعل العكسي .

٢) التنبيه الهرموني :

نتيجة لوصول الطعام إلي المعدة ـ تنبه بعض نواتج هضم الطعام الغشاء المبطن لمنطقة البواب فتفرزهرمون الجاسترين المعدي الذي يقوم بتنبيه غدد المعدة لإفراز إفرازاتها من العصارة المعدية ويستمر إفراز هذا الهرمون مدة من الوقت تتراوح في الإنسان من ١ : ٢ ساعة .

٣) التنبيه الكيميائي :

ينبه وصول نواتج الهضم إلي الإثني عشر الغشاء المخاطي لإفراز هرمون الجاسترين المعدي فيستمر إفراز العصارة المعدية . وتتوقف درجة التنبيه الكيميائي هذه علي نوع الطعام .

فيؤدي إحتواء الطعام علي مواد دهنية أو علي محلول مركز من الجلوكوز . مثلا - إلي تنبيه جدار الإثني عشر لإفراز هرمون الإنتروجاسترين الذي يعمل علي تثبيط العصارة المعدية .

حـركات المعـدة :

تنقبض عضلات جدار المعدة . وهي خالية من الطعام . إنقباضات دودية . وتزداد شدة وسرعة هذه الإنقباضات وقت تناول الغذاء . ويشعر الإنسان بتلك الإنقباضات والتي تعرف بآلام الجوع . ثم تقل شدة هذه الإنقباضات بعد وقت معين وتختفي كلية حتي إذا لم يحدث تناول للطعام .وترتخي عضلات جدار المعدة بعد تناول الطعام حتي تستطيع إستقباله . وتبدأ المعدة حركتها . بعد وصول الطعام إليها . وذلك بدأ من منتصف منطقة الجسم وتستمر حتي فتحة البواب . ووظيفة هذه الإنقباضات هو تكسير الطعام أو تجزئته ومزجه بالعصارة المعدية الهاضمة حتي أنه إذا وصل الطعام إلي فتحة البواب وهو في حالة صلبة أو شبه صلبة حدثت إنقباضات دودية عكسية تحمل الطعام مرة ثانية إلي جسم المعدة . وتستمر حركات المعدة الدودية والدودية العكسية إلي أن يتحول الطعام إلي سائل حمضي يعرف بـ " الكيموس " . عندئذ تحدث حركة معدية قوية تحمل الكيموس إلي فتحة البواب التي تفتح ليدخل الكيموس إلي الإثني عشر .

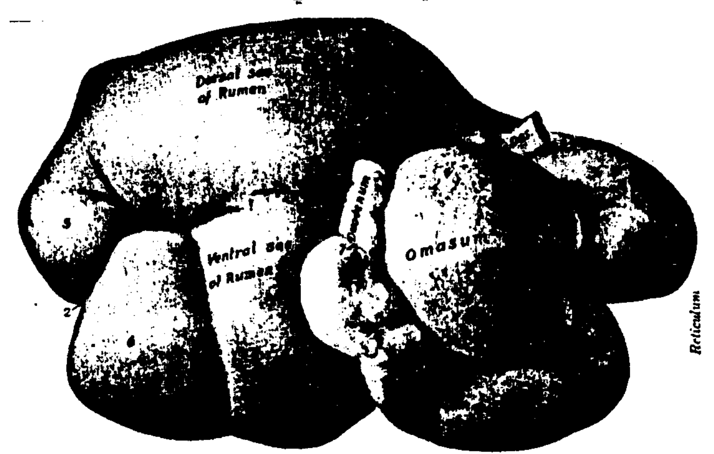
وتختلف مدة بقاء الطعام داخل المعدة بإختلاف نوع الحيوان وحجم ونوع الطعام وقوامه . فيتمدد جدار المعدة وتضعف إنقباضاتها وتطول مدة بقاء الطعام إذاكان حجم الغذاء كبيرا جدا وتؤثر علي حركة المعدة عدة عوامل . منها ما يقلل من الحركة ومنها ما يزيدهت . ويعتبرالخوف والحزن والإجهاد الذهني والعقلي والجسماني والتدخين ونقص فيتامين (B) من العوامل المثبطة لحركة المعدة . بينما يؤدي تعاطي الكحول والمنبهات مثل القهوة والحقن بالإنسيولين إلي تنبيه حركة المعدة .

الهضم والإجترار في المعـدة المجتـرة :

للمعدة المجترة سمات تركيبية وهستولوجية خاصة بها تتناسب مع طريقة التغذية وطبيعة الحيوانات المجترة . حيث تتركب المعدة المجترة من أربعة أجزاء واضحة من الناحية المرفولوجية لكل منها وظيفة خاصة محددة وهي :

١) الكرش Rumen
٢) الشبكية Reticulum
٣) الورقية Omasum
٤) المنفحة Abomasum

ويمكن تصور تركيب المعدة المجترة في الشكل التالي :



(From Sisson, *Anatomy*; copyright– W. B. Saunders Company.)

ويمكن القول بأن المعدة المجترة ما هي إلا صورة من صور التحور للمعدة البسيطة تم لتلائم ظروف خاصة من معيشة الحيوان . فهي - عموما - تمتاز بكبر حجمها وإختلاف الحجوم النسبية لأجزائها الأربعة بإختلاف عمر الحيوان . ففي الحيوانات الرضيعة - مثلا - تمثل سعة المنفحة (المعدة الحقيقية) حوالي ٧٠٪ من حجم المعدة الكلي . بينما يمثل الكرش حوالي ٨٠٪ من حجم المعدة المجترة في الحيوانات تامة التكوين والنمو . وبين هذه وتلك نلاحظ زيادة متدرجة في سعة الكرش والشبكية بالمقارنة بالورقية والمنفحة عندما تبدأ الحيوانات الرضيعة في التغذية علي المواد الغذائية الخشنة إلي أن يصلا إلي حجمها الطبيعي بعد تمام النضج والتكوين .

ويتكون الكرش (Rumen) من كيسين الأول ظهري والآخر بطني يتصلان ببعضهما عن طريق فتحة كبيرة واسعة تحاط بدعامات عضلية . ويتصل الكرش بالشبكية عن طريق الثنية الكرش شبكية (Ruminoreticular fold) . ويمتد ميذاب خاص بين الجزء الفؤادي للكرش والفتحة الشبكية الورقية يعرف بالميذاب المريئ (esophageal groove) أو الميزاب الشبكي . ويعمل هذا الميزاب علي توصيل اللبن (في الحيوانات الرضيعة) من المريئ إلي المنفحة حتي لا يتواجد اللبن في الكرش أو الشبكية وبذا يمنع حدوث تخمرات فيه قد تسبب نفوق الحيوان الرضيع . ويتحكم العصب الحائر في حركة الميزاب . وتقع الشبكية في مواجهة الحجاب الحاجز والكبد . وهي

صغيرة تشبه الدورق تتصل بالكرش عن طريق الثنية الكرش شبكية السابق الإشارة إليها كما تتصل بالورقية عن طريق الفوهة الشبكية الورقية(Reticulo-omasal orifice) والورقية كرية الشكل إلي حدما تتصل بالشبكية عن طريق الفوهة الشبكية الورقية وبالمنفحة عن طريق الفوهة الورقية المنفحية (Omaso-abomasal orifice) . والمنفحة هي الجزء الغدي من المعدة المجترة . وتتصل بالورقية عن طريق فتحة البواب بالإثني عشر والتي تنقسم إلي قسمين : فؤادي (Pyloric) وبوابي (Fundic) حيث توجد الغدد الفؤادية والبوابية .

الإجترار في المعــدة المجترة

تمتاز الحيوانات المجترة بقيامها بعملية الإجترار (Rumination) حيث يقوم الحيوان بإسترجاع الغذاء . الذي سبق بلعه علي عجل . إلي الفم ليتم مضغه وخلطه جيدا باللعاب ثم إعادة إبتلاعه مرة أخري وتقع عملية الإجترار تحت التأثير المنظم لمركزعصبي خاص في المخ . إلا أنه بإستطاعة الحيوان أن يتحكم في هذه العملية إراديا . . وتقسم عملية الإجترار إلي مرحلتين نذكرها ملخصة فيما يلي :

١) مرحلة إسترجاع الغذاء : تنقبض الشبكية جزئيا لينتقل جزء من الكتلة الغذائية بالقرب من منطقة الفؤاد . ثم ينقبض الحجاب الحاجز مع توقف التنفس فينخفض الضغط داخل الصدر ومنطقة المرئ فتندفع الكتلة الغذائية من منطقة الفؤاد إلي المرئ ثم الفم بمساعدة الحركة الدودية العكسية للمرئ

٢) مرحلة إعادة المضغ : يقوم الحيوان بالتخلص من الماء الزائدبالكتلة الغذائية بعد وصولها إلي الفم يعاد إبتلاع الماء المتخلص منه منفردا .ثم يبدأ الحيوان في إعادة مضغ الجزء المتبقي من الكتلة الغذائية مضغا جيدامع خلطه بكمية كبيرة من اللعاب مما يغيرخواصها كما يزيد حجمها

وتتباين الفترة التي يقضيها الحيوان في عملية الإجترار بإختلاف نوع الحيوان وجنسه ونوع وطبيعة الغذاء . وتتراوح هذه الفترة من ٧ : ١٤ ساعة يتم أثناءها إجترار الغذاء علي دفعات قد تصل إلي ١٤ دفعة . تستغرق كل دفعة منها من ٥ر : ١ ساعة في المتوسط .

وتساعد عملية الإجترار علي هضم المواد الغذائية الغنية بالألياف بمساعدة أنواع مختلفة من البكتيريا والأحياء الدقيقة الموجودة بكرش الحيوانات المجترة والتي لا تساعد علي هضم الألياف فحسب بل يتعدي تأثيرها علي هضم النشويات والدهون والبروتينات . كما يتخصص بعض منها مثل بكتيريا Flavobacterium vitarumen في تكوين وإنتاج فيتامين (B) المركب . كما يوجد

بالكرش أيضا بعض أنواع من البكتيريا المنتجة لغاز الميثان مثل Methanobacterium ruminatium
وأخري تستخدم حمض اللاكتيك مثل بكتيريا Micrococcus lactilyticus منتجة البروبيونات
والأسيتات بالإضافة إلي غازي الإيدروجين وثاني أكسيد الكربون .

وبمكن تقسيم عملية الهضم في المعدة المجترة إلي نوعين :

١) الهضم الإنزيمي : الذي لا يختلف في جوهرة عن نظيره الحادث في المعدة البسيطة .

٢) الهضم المكروبي : الذي يتم نتيجة لنشاط أنواع مختلفة من البكتيريا نذكر أهمها فيما يلي :

أ) بكتيريا هضم السليلوز : مثل Bacteroides succinogenes, Ruminococcus mavefaciens, Colostridium cellodioparus المنتجة حمض الخليك والسكسينيك والبيوتريك والفورميك واللاكتيك

ب) بكتيريا هضم النشا : مثل Streptococcus bovis المنتجة لحمض اللاكتيك وسكريات عديدة

جـ) بكتيريا هضم السكريات مثل Eubacteium ruminantium المنتجة لأحماض الخليك ولفورميك واللاكتيك والبيوتريك وثاني أكسيد الكربون

د) بكتيريا هضم البروتينات : منتجة ببتيدات عديدة وأحماض أمينية Clostridium lachbeadii

هـ) بكتيريا هضم الدهون : منتجة أحماض دهنية وجلسرين مثل Anaerovibrio lipolytica

ويعتبر حمض الخليك الناتج الرئيسي والمشترك لجميع أنواع البكتيريا المحللة لليليلوز والنشا والسكريات وهو ما يعلل إرتفاع نسبة هذا الحمض في مكونات الكرش .

بعض الأعراض المرضية الناتجة عن حدوث إختلال عمل المعدة المجترة :

قد يعتري الحيوان المجتر بعض الأعراض المرضية نتيجة لإختلال في طبيعة عمل معدتـه المجترة أو نتيجة لزيادة مادة معينة من نواتج النشاط البكتيري أو التمثيلي.ونوجز فيما يلي أهم هذه الأعراض

١) إرتفاع المواد الكيتونية Ketosis : ومن أعراضه إرتفاع مستوي المواد الكيتونية في الدم (Ketonemia) وفي البول (Ketonuria) مع حدوث إضطرابات عصبية وفقد للشهية ونقص واضح في وزن الجسم . وهذا المرض شائع في حيوانات اللبن عالية الإدرار . ويعتبر الإختلال في تمثيل المواد الكربوهيدراتية والدهنية من أهم أسباب حدوث هذا المرض . ويعالج هذا المرض بالحقن بالجلوكوز وهرمونات قشرة الأدرينال .

٢) إرتفاع الحموضة Acidosis : وينتج عن تراكم حمض اللاكتيك في الكرش وإرتفاع تركيزه في الدم وهو ما يعبر عنه بالحموضة اللاكتية Lactic acidosis . وتحدث هذه الأعراض نتيجة

لتغذية الحيوان علي علائق محتوية علي نسبة عالية من المـواد الكربوهيدراتية سهلة التخمر . ويؤدي إرتفاع تركيز حمض اللاكتيك في الكرش إلي خفض درجة الـ pH عن الحد الملائم لحركة الكرش ونشاط البكتيريا الهاضمة فيه . فتتوقف هركة الكرش والهضم . ويختل التوازن الحمضي ـ القاعدي (Acid -base balance) في الجسم وتكوين مواد سامة . وقد ينتهي الأمر بنفوق الحيوان .

٣) التسمم بالأمونيا : وينتج ذلك عند التغذية علي علائق بها نسبة عالية من المواد البروتينية سريعة التخمر وعند التغذية علي الأمونيا بطريقة غير علمية . ويؤدي التسمم بالأمونيا إلي إختلال التوازن الحمضي القاعدي (Acid -base balance) في الجسم نتيجة لفشل الكبد في التخلص من الأمونيا الزائدة في الدم الوريدي .

٤) التسمم بالنترات : حيث تظهر أعراض التسمم نتيجة تحول هيموجلوبين الدم إلي ميتاهيموجلوبين ويتم هذا التحول عند إرتفاع نسبة النيريت الممتص في الدم . فمن المعروف أن نترات الغذاء تتحول إلي أمونيا مع تكون النيتريت كمركب وسطي . فإذا حدث وتراكمت كمية النيتريت لزيادة كمية نترات الغذاء وعدم القدرة علي تمام تحولها إلي أمونيا زاد نسبة الممتص منها في الدم وبذا تظهر أعراض التسمم .

٥) التخمر Bloat : وهو تراكم كميات كبيرة من الغازات في الكرش نتيجة لعدم مقدرة الكرش علي التخلص منها بإخراجها , ويحدث النفاخ عند إحتواء عليقة الحيوان علي مواد متصبنة أو إرتفاع نسبة المواد البكتينية في العليقة مما يجعل الكتلة الغذائية بالكرش رغوية تحفظ بداخلها الغازات الناتجة . ويمكن تلافي الإصابة بالإنتفاخ بتغذية الحيوان علي عليقة ذات محتوي ألياف عالي لتنشيط حركة الكرش ومساعدته علي التخلص من الغازات به .

ثالثا : الهضم في الأمعاء الدقيقة :

يتم الهضم في الأمعاء الدقيقة بمساعدة ثلاثة أنواع من العصارات الهضمية تصب فيها في وقت واحد ليتمم عمل كل منها عمل الآخر . وتشمل عصارات البنكرياس والكبد والأمعاء .

١) العصارة البنكرياسية :

البنكرياس غدة أعلي التجويف البطني تقع تحت المعدة بين فرعي الإثني عشر . وللبنكرياس نوعين من الإفراز : إفراز هرموني حيث يقوم بإفراز هرموني الإنسيولين والجلوكاجون وإفراز أنزيمي علي هيئة عصارة بنكرياسية تصب في الإثني عشر عن طريق القناة

البنكرياسية . والعصارة البنكرياسية عبارة عن سائل شديد القلوية يتكون معظمه من الماء الذي يمثل ٩٧٫٦ ٪ من مكوناته . أما المادة الجافة فيه فهي تحتوي علي :

مواد عضوية : والتي تشمل إنزيمات التربسينوجين والإربسين والأميلاز والليباز والمالتاز .

مواد غير عضوية : وتشمل بيكربونات الصوديوم التي توجدبكميات كبيرة تبلغ ثلاثة أضعاف نسبة وجودها في الدم وتسبب قلوية العصارة البنكرياسية . كما تحتوي علي كلوريد الصوديوم والبوتاسيوم التي تعمل كعامل مساعد لإنزيم الأميلاز . بالإضافة إلي فوسفات الصوديوم والكالسيوم والماغنيسيوم

تنظيم إفراز العصارة البنكرياسية : تقع العصارة البنكرياسية تحت التأثير المنظم للتنبيهات العصبية والكيميائية :

١) التنبيه العصبي : يبدأ البنكرياس في إفراز عصارته بمجرد وصول الطعام إلي الفم . كما يبدأ في إفرازه نتيجة لفعل منعكس شرطي مثل شم الطعام أو رؤيته أو مجرد التفكير فيه . ويكون حجم الإفراز البنكرياسي في هذه الحالة صغير غني بالإنزيمات مع قلة محتواه من بيكربونات الصوديوم .

٢) التنبيه الكيميائي : ينبه وصول الكيموس الحمضي إلي الإثني عشر الغشاء المخاطي لها فتفرز هرمون السكرتين الذي ينبه إفراز العصارة البنكرياسية . وتكون العصارة البنكرياسية في هذه الحالة كبيرة الحجم غنية ببيكربونات الصوديوم وفقيرة في محتواها الإنزيمي . وعند وصول نواتج هضم الطعام من المعدة إلي الإثني عشر يفرز الغشاء المخاطي المبطن لإثني عشر هرمون البنكريوزيمين الذي يقوم بتنبيه عصارة بنكرياسية تشبه تلك الناتجة عن التنبيه العصبي ولكنها غنية بالإنزيمات فقيرة ببيكربونات الصوديوم

وظائف العصارة البنكرياسية :

١) يهضم التربسين البروتينات ويحولها إلي أحماض أمينية مركبة .
٢) يتمم الإربسين هضم البروتينات إلي أحماض أمينية بسيطة .
٣) يهضم الأميلازالنشا إلي سكريات ثنائية وجلوكوز.ويحتاج إلي كلوريد الصوديوم كعامل مساعد
٤) يحول المالتيز سكر المالتوز إلي جلوكوز .
٥) يهضم الليباز المواد الدهنية فيحولها إلي إحماض دهنية وجلسرين.وهو يعتمد علي العصارة الكبدية

٢) العصارة الكبدية أو عصارة الصفراء :

الكبد أكبر غدة في الجسم . وهو أساسي للحياة . حيث أن له عدة وظائف هامة جدا منها إفراو العصارة الصفراوية . وهي عبارة عن سائل قلوي عند إفرازه يفرز بإستمرار ولكنه لا يصل إلي الإثني عشر إلا بعد تناول الطعام وذلك لتخزينه داخل الحويصلة المرارية .

وظائف الحويصلة المرارية : للحويصلة المرارية وظائف عديدة منها :

١) تخزين عصارة الصفراء إلي وقت الحاجة إليها .

٢) تركيز عصارة الصفراء بإمتصاص الماء الزائد فيزيد تركيزها .

٣) تمتص مع الماء بيكربونات الصوديوم فيصبح تفاعل العصارة حمضي مما يساعد علي إذابة أملاح الكالسيوم فيمنع تكوين حصوات بالمرارة .

٤) تضيف إلي الصفراء المخاط وأملاح الكولستيرول .

وتظل عصارة الصفراء مخزونه داخل الحويصلة المرارية حتي يتم إفرازها في الإثني عشر نتيجة لإنقباضها في الأحوال الآتية :

١) بعد تناول الطعام نتيجة لفعل عكسي يصل إلي الحويصلة المرارية عن طريق العصب الحائر فتنقبض عضلات جدار الحويصلة وترتخي العضلة العاصرة التي تحرس القناة المرارية وتمر الصفراء إلي الإثني عشر .

٢) ينبه وجود الطعام الإثني عشر لإفراز هرمون ال Cholecystckinin لتنبيه الحويصلة المرارية علي إفراز محتواها في الإثني عشر .

٣) تمتص بعض أملاح الصفراء مع الطعام وتمر إلي الكبد فتنبه خلاياه لإفراز العصارة الصفراوية .

تركيب العصارة الكبدية (الصفراوية) :

تتركب عصارة الصفراء من الماء الذي يكون الجزء الأكبر من مكوناتها . وتتكون المادة الجافة من مواد عضوية وتشمل أملاح بيكربونات الصوديوم وفوسفات الكالسيوم والماغنيسيوم . أما المواد العضوية فتشمل أملاح الصفراء التي تشمل توروكولات وجليكوكولات الصوديوم مختلطة بصبغات الصفراء مثل البيليروبين والبيليرون ومصدرها هيموجلوبين الدم . كما تشمل العصارة الصفراوية علي المخاط والكولستيرول . ولا تحتوي عصارة الصفراء علي أي إنزيمات ولكنها توفر البيئة المناسبة لفعل إنزيمات المعدة والأمعاء .

وظائف عصارة الصفراء :

١) تساعد علي هضم المواد الدهنية بتحويلها إلي مستحلب دهني لتسهيل عمل الإنزيمات الهاضمة عليها كما تنشط إنزيم ليباز البنكرياس .

٢) تتحد مع المواد الدهنية المهضومة فتحولها إلي مواد ذائبة في الماء فيسهل إمتصاصها . كما تعمل علي إذابة وإمتصاص الكولستيرول والفيتامينات . الذائبة في الدهون مثل فيتامينات A, E, D, K

٣) تنشط حركة الأمعاء فتمنع الإمساك .

٤) تمنع تعفن الدهون داخل الأمعاء وتكوين غازات .

٥) تخلص الجسم من صبغات الصفراء السامة والتي تتكون في الجسم من الهيموجلوبين الناتج من تحلل كرات الدم الحمراء .

وظـائف الكبــد :

الكبد من الأعضاء الهامة جدا للجسم واللازمة لحفظ الحياة وإستمرارها . لما له من دور فعال في الكثير من العمليات المتعلقة بالتمثيل الغذائي علي إختلاف أنواعها بالإضافة إلي القيام بالعديد من الوظائف الحيوية التي لا غني للجسم عنها . حيث يقوم الكبد بالوظائف التالية :

١) إفراز عصارة الصفراء وهي العصارة الكبدية .

٢) يعتبر الكبد أهم الأعضاء بالنسبة لعمليات التمثيل الغذائي لجميع المركبات الغذائية فيقوم :

أ) تخزين الجلوكوز الزائد بعد تحويله إلي نشاء حيواني (جليكوجين) . فإذا إنخفض مستوي السكر في الدم قام الكبد بتحويل الجليكوجين المخزن إلي جلوكوز . وتعاون هرمونات البنكرياس (الإنسيولين والجلوكاجون) الكبد في هذا المجال.

ب) يقوم الكبد بتحويل حمض اللاكتيك إلي جليكوجين ثم إلي جلوكوز عند الضرورة .

ج) له دور أساسي في تمثيل المواد الدهنية والبروتينية ,

٣) نتيجة للتفاعلات التي تحدث في الكبد تنتج حرارة تستخدم في حفظ الإتزان الحراري بالجسم.

٤) يقوم الكبد في المرحلة الجنينية بإنتاج كرات الدم الحمراء والبيضاء في الشهور الأولي من الحمل . ويتوقف عن إنتاج الكرات الدموية الحمراء في الشهور الأخيرة بينما يستمر في تكوين الكرات الدموية البيضاء .

٥) يقوم الكبد بتكوين وإنتاج بروتينات البلازما في الدم .

٦) يساهم في عمليات تنظيم درجة حرارة الجسم .

٧) يساعد في الدفاع عن الجسم حيث يبطل تأثير المواد السامة التي قد تدخله أوتتكون بداخله .

٨) يقوم بإنتاج فيتامين (A) من الكاروتينات وتخزينه . كما يقوم بتخزين فيتامين (B) .

٣) العصـــارة المعويـــة :

وهي سائل قلوي يفرز من الغدد الأنبوبية الموجودة في الغشاء المخاطي المبطن للأمعاء الدقيقة ويتكون معظمه من الماء . أما المادة الجافة للعصارة المعوية فتحتوي علي :

١) المواد العضويـة : وتمثل بيكربونات الصوديوم أهم مكوناتها .

٢) المـواد العضويـة : وتشـمل إنزيمـات المالتـاز ـ والأميـلاز ـ والسـكريز الـتي تقـوم بهضـم المـواد الكربوهيدراتية . كما تشمل إنزيمات الليباز والبولينيوكلوتيداز والإنتروكيناز التي تقوم بتحليل كل من المواد الدهنية والأحماض النوويـة . كمـا تشـمل المخـاط . وتقل درجـة تركيز الإنزيمـات وتزيد نسبة المخاط في العصارة المعوية كلما إتجهنا ناحية الأمعاء الغليظة .

تنظيـم إفـــراز العصـــارة المعويـــة :

تفرز العصارة المعوية عند تنبيه الغشاء المخاطي المبطن للأمعاء نتيجة مرور الغذاء عليه . ويعتبر هذا النوع من أنواع التنبيه الميكانيكي ويسمي بالتأثير العكسي الموضعي . كما يزداد إفراز العصارة المعوية نتيجة لوجود متخلفات هضم الغذاء أو حامض الإيدروكلوريك في الأمعاء .

وظـائف العصـــارة المعويـــة :

تحتوي العصارة المعوية علي العديد من الإنزيمات التي يتلخص فعلها فيما يلي :

١) المالتـاز . يحلل سكر المالتوز إلي جزيئين من سكر الجلوكوز .
٢) السكريز . يحلل السكرزو إلي جلوكوز وفركتوز .
٣) اللاكتاز . يحلل اللاكتوز إلي جلوكوز وجلاكتوز .
٤) الليبــاز . يتمم تحليل المواد االدهنية إلي أحماض دهنية وجلسرين .
٥) الإربسين . يتمم تحليل المواد البروتينية إلي أحماض أمينية بسيطة .
٦) الإنزيمات المحللة للأحماض النووية وتشمل :
   ١) البولينيوكليوتيداز . يحلل الأحماض النووية إلي نيوكليوتيدات أحادية .
   ٢) النيوكليوتيـداز . يحلل النيوكليوتيدات الأحادية إلي نيوكليوسيدات وحمض الفوسفوريك
   ٣) النيوكليوسيــداز . يحلل النيوكليوسيدات إلي بيورينات وبريميدينات وسكر البنتوز .

الحركة في الأمعاء :

إن الغرض من حركة الأمعاء الدقيقة هو تسهيل إنتقال الغذاء من مكان إلي مكان علي طول الأمعاء الدقيقة . كما تساعد هذه الحركة علي مزج الطعام بالعصارة المعوية الهاضمة , وتتخذ الحركة في الأمعاء عدة صور هي : الحركة الدودية والحركة المجزأة والحركة البندولية وحركة الخمائل المعوية :

١) الحركة الدودية : وتتم هذا النوع من الحركة عن طريق موجات تتابعية من إنقباض العضلات المستديرة يتبعها موجات من الإرتخاء . وتؤدي تلك الحركة إلي إنتقال الغذاء من مكان إلي مكان . وتنتقل موجات الإنقباض إلي أسفل في إتجاه الأمعاء الدقيقة . ولا تعتمد الإنقباضات علي أعصاب واردة للأمعاء وإنما إعتمادها الكلي هو علي أعصاب موضعية في جدار الأمعاء نفسها ينبهها وجود الغذاء في الأمعاء . كما توجد حركات دودية عكسية تحدث عكس إتجاة الأمعاء الغليظة وتكثر هذه الحركات المنعكسة في الإثني عشر الغرض منها تخفيف حمض الإيدروكلوريك المعدي بالعصارة البنكرياسية والعصارة المعوية القلوية فتقلل من الحموضة .

٢) الحركة المجزأة : وهي عبارة عن إنقباضات للعضلات المستديرة في وقت واحد . وتؤدي إلي تقسيم الأمعاء طوليا إلي أقسام صغيرة متساوية . وتستمر هذه الإنقباضات لمدة قصيرة جدا ترتخي بعدها لتنقبض عضلات أخري عند منتصف الأقسام . ولا تعتمد هذه الحركة علي وجود أعصاب . وهي أكثر إنتظاما من الحركة الدودية , وتعمل هذه الحركة علي مزج الغذاء بالعصارات الهضمية المختلفة .

٣) الحركة البندولية : ويوجد هذا النوع من الحركة - بصفة خاصة - في الأرانب . وهي عبارة عن حركة أجزاء طويلة من الأمعاء ذات اليمين وذات اليسار مثل بندول الساعة . والغرض من هذا النوع من الحركة هو مزج الغذاء بالعصارات الهضمية المختلفة .

٤) حركات الخمائل المعوية: وهي حركات ميكروسكوبية دائمة.الغرض منها إمتصاص نواتج الهضم المختلفة في الدم .وينبه هرمون الموتيلين هذا النوع من الحركة . ويفرز هذا الهرمون من الغشاء المخاطي المبطن للإثني عشر نتيجة لوجود نواتج هضم الغذاء وخاصة الأحماض الأمينيةفي الأمعاء

رابعا : **الهضم في الأمعـاء الغليظـة :**

تشمل الأمعاء الغليظة كل من الزوائد الأعورية والقولون والمستقيم . وتختلف أجزاء الأمعاء الغليظة فيما بينها في الوظائف التي تقوم بها : فمنها أجزاء تقوم بإمتصاص الغذاء وإستكمال عمليات الهضم للمواد السليلوزية . ومنها أجزاء تعمل كمخزن للنواتج الضارة للهضم (الروث أو البراز) ، ومنها ما يقوم بالتخلص من هذه النواتج (التبرز) .

وظائف الأمعـاء الغليظـة :

١) تمتص معظم الماء الوارد إليها ولا تسمح بالفقد الكبير منه مع الروث .

٢) تقوم الأمعاء الغليظة بتحلل السليلوز في بعض الحيوانات وخاصة المجترات منها بمساعدة فعل أنواع معينة من الأحياء الدقيقة التي تعيش فيها .

٣) تستطيع الأمعاء الغليظة أن تمتص محلول مخفف من الجلوكوز والأحماض الأمينية وملح الطعام وتستعمل هذا الخاصية في النواحي الطبية للإسعاف أثناء الغيبوبة .

٤) إخراج بعض الأملاح مثل أملاح الكالسيوم والحديد والزئبق .

٥) إفراز المخاط الذي يساعد علي تماسك أجزاء الروث كما تساعد علي منع إحتكاك الروث بالغشاء المخاطي لأمعاء الغليظة .

٦) خزن الروث لحين التخلص منه بالتبرز .

حركـة الأمعـاء الغليظـة :

تتحرك الأمعاء الغليظة حركة دودية ودودية عكسية ضعيفة تساعد علي إمتصاص الماء . وتعتبر الحركة الدودية الكاملة والتي تشمل كل الأمعاء الغليظة من أهم حركات الأمعاء . وهي تحدث علي فترات أثناء اليوم نتيجة لفعل منعكس يسمي بالفعل المنعكس القولوني الذي يحدث نتيجة لوجود الغذاء في المعدة . ويؤدي هذا الفعل إلي إنتقال محتويات الأمعاء إلي القولون ثم المستقيم ليتم إخراجها

وبعد كل ما تقدم نود أن نلخص في الجدول التالي أهم الإنزيمات الأساسية لمختلف العصارات الهضمية وتأثيراتها . مع ملاحظة غياب إنزيم البيتيالين في لعاب الحيوانات الزراعية ماعدا الخنزير الذي يحتوي لعابه علي كمية بسيطة من هذا الإنزيم . كما لا يوجد إنزيم اللبياز إلا في الحيوانات آكلة اللحوم فقط .

العصارة الهضمية والإنزيم	المـادة التي يحللها الإنزيم	نواتج التحلل الإنزيمي
أولا : اللعـــاب :		
أميلاز اللعاب (البتيالين)	النشاء	دكسترينات . مالتوز
ثانيا : العصارة المعدية :		
بروتياز المعدة (ببسين)	البروتينات	بروتيوزات . ببتونات
رينين	الكازين	باراكازين
ليباز المعدة	الدهون	أحماض دهنية + جلسرين
ثالثا : العصارة البنكرياسية :		
تربسين . كيموتربسين	بروتينات وبروتيوزات	ببتونات . ببتيدات
بروتياز البنكرياس	ببتونات . ببتيدات	أحماض أمينية
أميـــلاز البنكريـــاس (أميلوبسين)	النشا . الدكسترينات	دكسترينات . مالتوز
ليباز البنكرياس (إستيوبسين)	الدهــون	أحماض دهنية + جلسرين
كربوكسي ببتيداز	ببتيدات كربوكسيلية	أحماض أمينية
رابعا : العصارة المعوية :		
إربسين	الببتيدات	أحماض أمينية
سكراز (إنفرتاز)	سكروز	جلوكوز + فراكتوز
مالتاز	مالتوز	جلوكوز
لاكتاز	لاكتوز	جلوكوز + جلاكتوز
بولينيوكليوتيداز	أحماض نووية	نيوكليوتيدات أحادية
نيوكليوتيداز	نيوكليوتيدات أحادية	نيوكليوسيدات + فوسفوريك
نيوكليوسيدات	نيوكليوسيدات	بيورين + بيريميدين + بنتوز

من الجدول السابق نري أن النواتج النهائية لعمليات هضم المواد الغذائية المختلفة هي :

١) المواد الكربوهيدراتية ← سكريات أحادية (جلوكوز غالبا)

٢) المواد البروتينيـــــة ← أحماض أمينية

٣) المواد الدهنيـــــــــة ← أحماض دهنية + جلسرين

٤) الأحماض النوويـــــة ← بيورينات + بريميدينات + سكر خماسي (بنتوز)

رابعــا : الإمتصـــــاص

الإمتصاص هو إنتقال المواد الغذائية المهضومة (النواتج النهائيـة للهضم) من التجويف الداخلي للقناة الهضمية إلي الدم . ويتم معظم الإمتصاص في الأمعاء الدقيقة . لكونها أطول أجزاء القناة اهضمية وأغناها بالإمداد الدموي ولإحتوائهـا علـي تراكيـب خاصـة تسـاعد علـي عمليـة الإمتصاص تسمي بالخمائل

والخمائل عبارة عن زوائد إصبعية الشكل تبرز داخل التجويف الداخلي للأمعاء الدقيقة وتغطي من الداخل بغشاء مخاطي ويوجد بوسطها الأوعية الدموية الآتية :

١) شريان أو شريانان متفرعان إلي شبكة من الشعيرات الدموية .

٢) وريد صغير ينشأ من تجمع الشعيرات الدموية .

٣) وعاء ليمفاوي يعرف بالوعاء اللبني . وتتجمع الأوعية الليمفاوية مع بعضها في وعاء واحد يعرف بالقناة الصدرية التي تحمل الليمف إلي الوريد الأجوف العلوي .

وتتجمع الأوردة الصغيرة لتصب في الوريد البابي الذي يمر بالكبد . وبذا يسلك الغذاء الممتص طريقين

١) طريق الدم إلي الوريد البابي ثم إلي الكبد .

٢) طريق الليمف إلي القناة الليمفاويـة الصدريـة ثـم إلي الـدم الوريـدي حيـث تصـب القنـاة الليمفاوية الصدرية في الوريد الأجوف العلوي قبل دخوله إلي القلب مباشرة .

ويتم إمتصاص نواتج الهضم علي الصورة الآتيـة :

١) إمتصاص المواد الكربوهيدراتية :

تمتص الكربوهيدرات علي صورة سكريات أحادية (جلوكوز عادة) . يتحد الجلوكوز مع حمض الفوسفوريك أثناء مروره في خلايا الغشاء المخاطي المبطن للخمائل وذلك في وجود مركب الطاقة المعروف بإسم الأدينوزين ثلاثي الفوسفات (ATP) Adinosin triphosphate مما يسهل مروره إلي الخلايـا . وعنـد تركـه الخلايـاإلي الـدم يتحلـل الجلوكـوز مـن إتحـاده مـع حمـض

الفوسفوريك ليمر السكر مع الدم إلي الكبد الـذي يقوم بتخزين جزء منه علي هيئة جليكوجين بينما يوزع الجزء الباقي علي أنسجة الجسم المختلفة لإستعماله في إنتاج الطاقة .

و يتكون الـ (ATP) من الأدينين وسكر الريبوز الخماسي الذي يرتبط بثلاثة جزيئات من حمض الفوسفوريك مرتبطة بروابط عالية الطاقة تقدر بحوالي ٨٠٠٠ كالوري لكل رابطة . وفيما يلي نورد التركيب البنائي للـ (ATP) .

Adenine
أدينين

Phosphate
فوسفات

Ribose ريبوز

٢) إمتصاص المواد البروتينية :

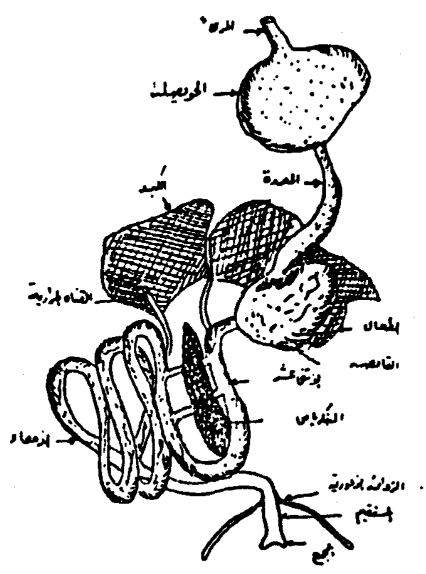
تمتص المواد البروتينية علي هيئة أحماض أمينية . تمر مع الدم إلي الكبد ثم إلي القلب ليتم توزيعها علي أجزاء الجسم المختلفة لإستخدامها في الإستخدامات التمثيلية للتلك الأحماض .

٣) إمتصاص المواد الدهنيــة :

يتم إمتصاص المواد الدهنية علي هيئة أحماض دهنية حيث يتم إتحادها مع حمض الفوسفوريك أثناء عملية الإمتصاص لتسهيل إمتصاصها خلال الغشاء المخاطي المبطن للخمائل . ويتم تحللها من حمض الفوسفوريك بعد تمام عملية الإمتصاص . تمر الأحماض الدهنية في الليمف علي هيئة دهون متعادلة تعطي اللون الأبيض لليمف . ولذا تسمي الأوعية الليمفاوية الواردة من الأمعاء الدقيقة بالأوعية اللبنية .

الجهاز الهضمي في الطيور

يوضح الرسم التالي القناة الهضمية وملحقاتها في الطيور



وتبدأ القناة الهضمية في الطيور بفتحة الفم التي تؤدي إلي البلعوم ثم المرئ الذي يمر خلال العنق مكونا كيس كبير ومتسع يعرف بالحوصلة (Crop) . تستعمل في تخزين المواد الغذائية . تضيق الحوصلة ثانية بشكل أنبوبي حتي المعدة والتي تبدو أوسع قليلا من الجزء الثاني من المرئ وأسمك منه جدارا . ويلي المعدة القانصة (Gizzard) ويتصل بها الأثني عشر التي تعتبر بداية الأمعاء الدقيقة . وتفتح القانصة قريبا من قمة المعدة . وهي علي شكل حرف (U) ويوجد البنكرياس بين فرعيها . أما باقي الأمعاء الدقيقة فتعرف باللفائفي . وهي عبارة عن أنبوبة طويلة كثيرة الإلتواء تنتهي بالمستقيم الذي يمتاز بكونه أكثر إتساعا من اللفائفي وتحدد بدايته بوجود الزوائد الأعورية وينتهي المستقيم بفتحة المجمع .

والكبد في الطيور عضو كبير أحمر داكن وهو في الحمام ذو فصين غير متساويين . ولا توجد حويصلة مرارية بل تنتقل الصفراء من الكبد عن طريق قناتين إحداهما تفتح في بداية

الإثني عشر قرب المعدة وهي قصيرة وواسعة نسبيا . أما الأخري فتفتح في منتصف فرع الإثني عشر البعيد تقريبا وهي أطول وأصغر قطرا .

أما البنكرياس فهو عضو قرنفلي يمتد طوليا بين فرعي الإثني عشر . وفي الحمام توجد ثلاث قنوات بنكرياسية تصب جميعها في فرع الإثني عشر البعيد . يصب فرعي القنوات البنكرياسية عصيرها خلف القناة المرارية الطويلة ووضعهما في البنكرياس متوازي تقريبا . أما القناة الثالثة فتبدأ في مقدمة البنكرياس وتصب في أقصي نهاية فرع الإثني عشر البعيد قرب إتصالها باللفائفي .

ويتشابه تركيب كل من المرئ والحوصلة في الطيور . أما الغدد المعدية فهي نوع واحد في الطيور يقوم بإفراز كل من الحمض المعدي وإنزيم الببسينوجين (Pepsinogen) وهذا علي خلاف الغدد المعدية في الثدييات التي توجد علي نوعين الأول يقوم بإفراز الحمض المعدي والثاني يقوم بالإفراز الإنزيمي .

وتغطي القانصة أعمدة من خلايا طلائية قرنية كما تحيط بها طبقة بارزة من العضلات المخططة مكونة من طبقة من الألياف المتوازية .

وتتشابه الأمعاد الدقيقة في كل من الطيور والثدييات أما الزوائد الأعورية فتوجد كما ذكرنا عندإتصال الأمعاء الدقيقة بالغليظة . وهي زوجية كبيرة وبارزة في بعض أجناس الطيور . وتبلغ طولها في الدجاج ٦ بوصات . كما قد تكون في بعض الأجناس الأخري فردية وأثرية أو غائبة . ويتوقف حجم هذه الزوائد الأعورية علي طبيعة التغذية . فتزداد في الحجم بزيادة كمية الألياف في العليقة .

<u>الهضم في الطيــــور</u> :

يفرز اللعاب في الطيور من الفم والمرئ . ويحتوي علي إنزيم الأميلاز والبتيالين . وعلي الرغم من أن تركيز هذين الإنزيمين لا يكونان علي درجة تركيزها في لعاب الثدييات إلا أنهما يوجدان في لعاب الطيور بكمية تكفي لتحليل النشا تحليلا مائيا خلال ساعة واحدة . ويلعب اللعاب في الطيور دورا بسيطا في الهضم الإنزيمي بصفة عامة .

كما أن دور الحوصلة في الهضم الإنزيمي بسيطا جدا حيث لا تفرز أي نوع من الإنزيمات الهاضمة . وحتي إذا وجدت بها إنزيمات فهي في أغلب الظن تكون من مصدر خارجي . كأن

تكون في الغذاء مثلا أو في الفم أو المعدة أو القانصة أو الأمعاء الدقيقة . فيقتصر دور الحوصلة في عملية الهضم علي تهيئة الغذاء لعمليات الهضم التي تتم في الأجزاء الأخري من القناة الهضمية .

وتفرز المعدة الإنزيم المحلل للبروتينات علي صورة ببسينوجين الذي يتحول إلي ببسين وهي الصورة النشطة للإنزيم وذلك بمستعدة حمض الأيدروكلوريك :

$$\text{Pepsinogem} + \text{HCL} \rightarrow \text{Pepsin (Active form)}$$

ويعتبر الببسين الإنزيم الوحيد الذي يفرز في معدة الطيور بجانب حمض الإيدروكلوريك المعدي . ويقوم الببسين بتحليل المواد البروتينية إلي بروتيوزات وبتنوزات . ثم إلي أحماض أمينية إذا طال مدة بقاؤها في المعدة . غير أن الغذاء يمكث وقتا قصيرا في المعدة وعليه فإن تحليل وهضم البروتينات يكون غير تام .

وتفرز الأمعاء العديد من الإنزيمات هي : البروتياز والأميلاز والإنفرتاز ويحتوي إفراز البنكرياس علي أنزيمات Proteolytic enzymes بالإضافة إلي إنزيمات الليباز والأميلاز . ويحدث في أمعاء الطيور الهضم بواسطة إنزيمات الإريبسين والتريبسين والببسين .

ويؤثر وجود بعض الهرمونات المعينة في الإثني عشر والأمعاء الدقيقة علي معدل إفراز الإنزيمات في هذه الأجزاء من القناة الهضمية .

والصفراء في الطيور حامضية التأثير وذلك عكس الثدييات التي تكون فيها الصفراء قاعدية التأثير . وهي تحتوي علي إنزيم الأميلاز . والمعلومات ضئيلة جدا عن دور الصفراء . غير أنها تساعد علي إمتصاص الدهون نتيجة لتأثيرها الإستحلابي (Emulsifying action) وفعلها المنشط علي ليباز البنكرياس وهضم الكربوهيدرات نتيجة لتأثيره علي إنزيم الأميلاز .

ويوجد الببسين في محتويات القانصة . ويتراوح درجة الـ pH لهذه المحتويات بين ٢ : ٣٫٥ وهي درجة الحموضة المثلي لعمل إنزيم الببسين وهو ما لا يتوفر في أي جزء آخر من أجزاء القناة الهضمية . لذا يتم الجزء الأكبر من تحليل البروتينات في القانصة . وعلي الرغم من ذلك فإن أهم وظيفة من وظائف القانصة هو طحن الغذاء وتنظيم البلعة الغذائية . ويأتي الببسين إلي القانصة من المعدة كما توجد بالقانصة

الإنزيمات المحللة للكربوهيدرات . كما يعتبر وجود الحصي بالقانصة من أهم العوامل المساعدة علي الهضم المثالي لأنه يزيد من حركتها وكفاءتها في طحن الغذاء .

وفي الأعور (Ceca) يتم هضم الألياف (السيليلوز واللجنين والسيتوزات) . ويختلف معامل هضم هذه الألياف بإختلاف نوع الغذاء وطبيعة الغشاء الخلوي لها . كما أنه يكون ضعيفا في أجناس الطيور ذات الزوائد الأعورية الأثرية كالحمام . ويحتوي المحتوي الأعوري علي تركيزات عالية من مجموعة فيتامين (B) أكثر من أي جزء آخر من أجزاء القناة الهضمية . لذا يعتقد أن هذه الفيتامينات تتكون في الأعور . لذا يقل الإحتياجات الغذائية للطيور ذات الزوائد الأعورية الطويلة من تلك الفيتامينات . ويتم في الأعور أيضا إمتصاص الماء من المحتوي الأعوري .

خامسا : التمثيل الغذائي للمركبات الغذائية

يعرف التمثيل الغذائي بأنه مجموعة من التغيرات الكيميائية (التفاعلات الحيوية) التي تحدث للنواتج الهضم للمركبات الغذائية والممتصة داخل الدورة الدموية والتي يكون من نتيجتها إمداد الجسم بالطاقة اللازمة لنموه وتعويض مافقده من مركبات خلاياه . ويعتبر السعر الكبير هو الوحدة المستخدمة لقياس تلك الطاقة الناتجة عن عمليات التمثيل الغذائي . ويعرف السعر الكبير بأنه الكمية من الحرارة الناتجة واللازمة لرفع أو خفض درجة حرارة لتر واحد من الماء درجة واحدة مئوية . وتختلف القيمة الحرارية الناتجة من الغذاء بإختلاف نوعيته ومكان حدوث تأكسده . كما يتضح من الجدول التالي :

كمية المادة (بالجرام)	الحرارة الناتجة بالجسم (بالسعر)	حرارةناتجة خارج الجسم (سعر)
المواد النشـــوية	١ر٤	١ر٤
المواد الدهنيـــــة	٣ر٩	٣ر٩
المواد البروتينيـــة	١ر٤	٣ر٥

من ذلك يتضح لنا أن المواد الدهنية هي أغني المواد إحتواء علي الطاقة . كما يكون إحتراق كل من المواد الكربوهيدراتية والدهنية كاملا داخل الجسم . أما المواد البروتينية فإحتراقها داخل الجسم ناقصا لإحتواء جزئ البروتين علي النيتروجين الذي لا يحدث له إحتراق حيث يؤي إحتراقه إلي تكوين

حمض النيتريك الذي يحرق الأنسجة . لذلك تتوقف إحتراق المواد البروتينية عندمرحلة تكوين البولينا التي يتم التخلص منها عن طريق البول .

معدل التمثيل الغذائي القاعدي Basal Metabolic Rate (BMR) :

يعرف معدل التمثيل الغذائي القاعدي بأنه كمية الحرارة التي يستهلكها الحيوان في الساعة بشرط توفر الظروف الآتيــة :

١) الراحة التامة لمدة ساعة كاملة قبل القياس .
٢) بعد تناول الغذاء وهضمه وتمام إمتصاصه .
٣) توفير درجة حرارة جوية مناسبة .

وعادة ما يقدر معدل التمثيل الغذائي القاعدي لكل متر مربع من مساحة سطح الجسم . ويختلف هذا المعدل بإختلاف نوع الحيوان وجنسه ومقدار المجهود الذي يقوم به ونوع الغذاء ودرجة الحرارة الجوية فإذا أردنا مقارنه معدل التمثيل الغذائي بين حيوانين أو عدة حيوانات فإنه يجب أولا تثبيت تلك العوامل ويسمي معدل التمثيل الغذائي في الظروف القاعدية بمعدل التمثيل الغذائي القاعدي .

ويمثل معدل التمثيل الغذائي االقاعدي الطاقة اللازمة للقيام بالعمليات الحيوية المختلفة واللازمة لحفظ الحياة مثل الطاقة اللازمة لإنقباض عضلات القلب وعضلات التنفس وإفراز الغدد وعمل الجهاز العضلي والعصبي وقت الراحة . فهي بذلك تعتبر الحرارة التي لا غني عنها لحفظ الحياة . وتظهر في الجسم علي هيئة حرارة . ويبلغ معدل التمثيل الغذائي القاعدي للرجل البالغ مثلا ٤٠ سعرا /متر مربع من مساحة سطح جسمه وفي المرأة الناضجة ٣٧ سعرا .

وتؤدي الزيادة في معدل التمثيل الغذائي القاعدي إلي إستهلاك المواد الغذائية أكثر من الطبيعي مما يؤدي إلي نقص وزن الحيوان .

العوامل المؤثرة علي معدل التمثيل الغذائي القاعدي :

هناك الكثير من العوامل التي يكون لها تأثير خاص علي معدل التمثيل الغذائي القاعدي إما زيادة أو نقصا . ويمكن تقسيم تلك العوامل إلي مجموعتين رئيسيتين هما :

١) **مجموعة العوامل الفسيولوجية :**

١) **العمر** : ينخفض معدل التمثيل الغذائي القاعدي في صغار الحيوانات عنه في الحيوانات الكبيرة البالغة . إلا أنه يقل بعد فترة من الزمن .

٢) الجنس : معدل التمثيل الغذائي القاعدي في الذكور أعلي منه في الإناث .

٣) الغـذاء :يزيد معدل التمثيل الغذائي القاعدي في آكلات اللحوم عنه في آكلات العشب

٤) الظروف الجويـة : يزيد معدل التمثيل الغذائي القاعدي بإنخفاض درجة الحرارة الجوية

٥) الحمـل : يزيد معدل التمثيل الغذائي القاعدي أثناء الحمل وخاصة خلال الشهور الأخيرة منه وذلك لزيادة التمثيل الغذائي لأنسجة الجنين .

٦) الراحـة والنـوم : يقل معدل التمثيل الغذائي القاعدي أثناء النوم والراحة .

ثانيا : مجموعة العوامل المرضيـــــة :

١) الأحوال التي يقل فيها معدل التمثيل الغذائي القاعدي :

الصيام . قلة التغذية . نقص إفراز الغدة الدرقية ـ نقص إفراز غدة فوق الكلية ـ نقص إفراز الغدة النخامية . الإلتهابات الكلوية المزمنة .

٢) الأحوال التي يزيد فيها معدل التمثيل الغذائي القاعدي :

زيادة إفراز الغدة الدرقية وغدة فوق الكلية والغدة النخامية ـ حالات الإصابة بالحميات حالات هبوط القلب المصحوب بضعف النبض ـ حالات الإصابة بمرض السكر ـ حالات الإصابة بإمراض الدم .

الفعل النوعي الديناميكي للمواد الغذائيـــة :

يعرف بأنه مقدرة المادة الغذائية علي زيادة معدل التمثيل الغذائي القاعدي . ويختلف هذا الفعل بإختلاف نوع المادة الغذائية . فهو بالنسبة للمواد البروتينية ٣٪ ـ وللكربوهيدرات ٦٪ ـ وللمواد الدهنية ٤٪ . ولا يستطيع الجسم الإستفادة من الحرارة الناتجة عن الفعل النوعي الديناميكي للغذاء في القيام بأي عمل . بل أنها تظهر علي الجسم علي هيئة حرارة زائدة لا يمكن للجسم إستعمالها إلا في حفظ درجة حرارته ثابتة . ويبدأ معدل التمثيل الغذائي القاعدي في الزيادة بعد تناول الغذاء وتستمر هذه الزيادة حتي تصل إلي أقصي معدل لها بعد فترة من الوقت تأخذ بعدها في الإنخفاض التدرجي حتي تصل إلي المعدل الطبيعي .

التمثيل الغذائي للمواد البروتينيـــة

عرفنا أن تخليق البروتينات طبيعيا في الجسم يتم عن طريق إنتقال الأمر بتخليقه بواسطة الشفرة الوراثية المحمولة علي الحمض النووي الديزوكسي ريبوز (DNA) والتي ينقلها الحمض النووي الريبوزي الرسول (mRNA) . وبذا يتم تخليق البروتين المطلوب من الأحماض الأمينية الموجودة بالخلية بتتابع خاص طبقا لنوعية الشفرة الوراثية . ويعتبر هذا التخليق البروتيني جزء من التمثيل الغذائي للمواد البروتينية . إي أنه إحدي الطرق التي يتم بها الإستفادة من الأحماض الأمينية الناتجة عن هضم بروتين الغذاء والممتصة والمنقولة عن طريق الدم البابي إلي الكبد والعضلات وسوائل الجسم المختلفة . وتسلك الأحماض الأمينية في الكبد مسلكين

١) تخليق مختلف الأنواع من البروتينات مثل البروثرومبين والفيبرينوجين وبروتينات البلازما التي تحافظ علي الضغط الغروي للدم .

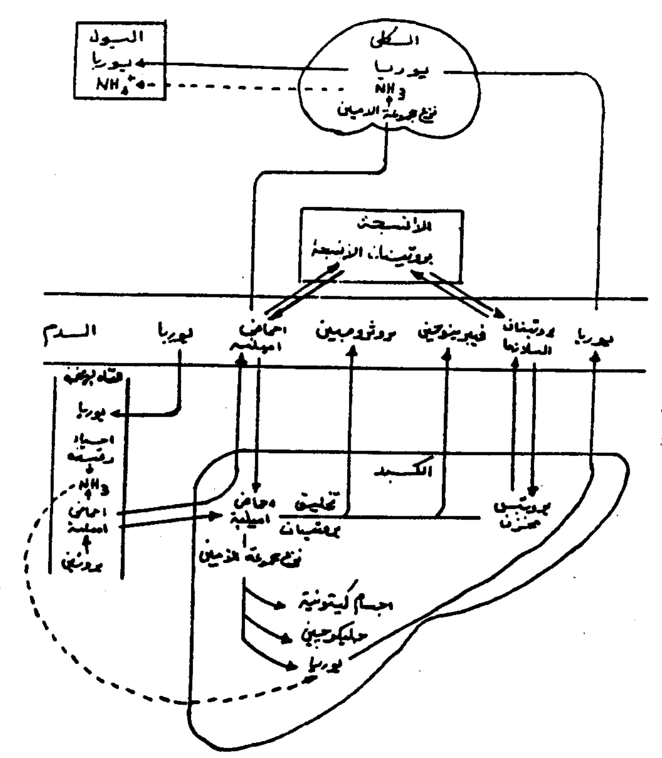
٢) نزع مجموعة الأمين من الأحماض الأمينية حيث تتحول بعد ذلك إلي أحماض كيتونية وجليكوجين وتتكون اليوريا التي تنتقل إلي الدم ثم يتم التخلص منها في الكلي عن طريق البول

وتستخدم الأنسجة الأحماض الأمينية التي تحصل عليها من الدم في تعويض الخلايا التالفة وبناء الأنسجة الجديدة في الحيوانات النامية وتكوين الأنسجة الجنينية في الحيوانات الحوامل وفي إنتاج اللبن في الحيوانات الحلوب وفي إنتاج البيض في الدجاج البياض وفي تكوين الإفرازات المختلفة مثل الهرمونات والإنزيمات وغيرها من الإفرازات الغدية ذات التكوين البروتيني .

وينتج عن أحتراق المواد البروتينية داخل الجسم فضلات يتم التخلص منها عن طريق البول وهي

١) البولينا التي تتكون في الكبد وتتوقف كميتها في البول علي كمية البروتين في الغذاء .
٢) النشادر وتتكون في الكلية وهي تساعد علي تنظيم الأحماض في الدم (كما في مرضي السكر)
٣) حامض البوليك وينتج من تمثيل بروتينات الأنوية الخلوية .
٤) الكرياتين وينتج عن نشاط العضلات اللاإرادية في الجسم .
٥) الكبريـت الذي ينتج من الأحماض الأمينية الكبريتية (مثل السستين) .

ويمكن تصوير المسارات المختلفة للتمثيل الغذائي للموادالبروتينية بالرسم التالي :



<u>التمثيل الغذائي للمواد الدهنية</u>

يتم هضم المواد الدهنية إلي أحماض دهنية وجلسرين . ويتحد الأحماض الدهنية مع الجلسرين مرة أخري أثناء عملية الإمتصاص مكونة بذلك دهون متعادلة تمر في الأوعية الليمفاوية حتي القناة الليمفاوية الصدرية والتي تصب في الوريد الأجوف العلوي قبل دخوله إلي القلب .

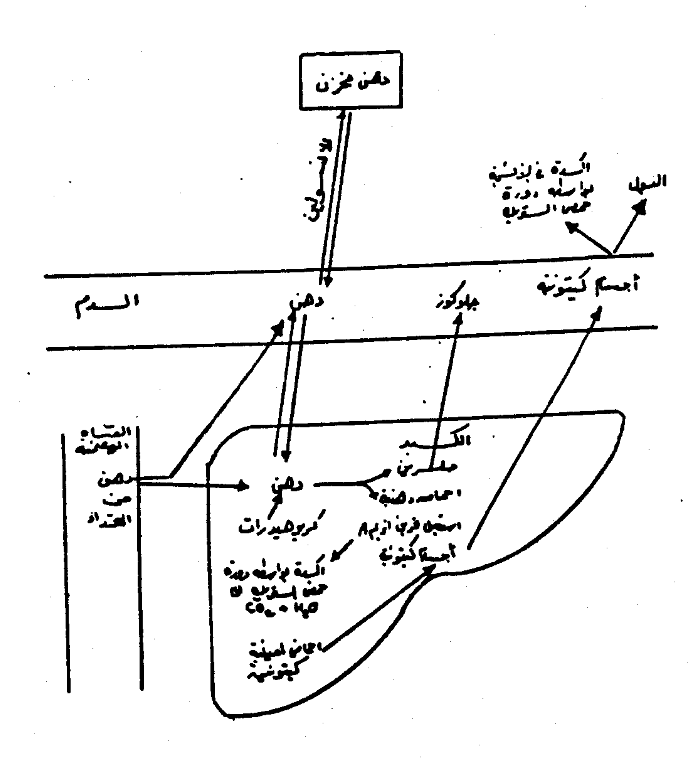
ويتم توزيعها عن طريق الدورة الدموية علي جميع أجزاء الجسم حيث تستعمل في الأغراض التالية :

١) تتحول إلي دهون تدخل في تركيب خلايا الجسم .
٢) يتحول جزء من المواد الدهنية إلي مواد كربوهيدراتية .
٣) تدخل في تكوين الإفرازات الخارجية مثل اللبن والبيض .

٤) تحترق إلي ثاني أكسيد الكربون والماء وينتج عن ذلك طاقة . وتعتبر المواد الدهنية من المصادر الهامة لإنتاج الطاقة داخل الجسم . إذ يعطي الجرام الواحد من الدهن ـ في حالة الإحتراق الكامل . ضعف ما يعطيه الجرام الواحد من المواد الكربوهيدراتية أو البروتينية . وتتوقف درجة إحتراق المواد الدهنية علي درجة إحتراق المواد الكربوهيدراتية . فإذا توقف إحتراق المواد الكربوهيدراتية يتوقف تبعا لذلك إحتراق المواد الدهنية عند مرحلة تكوين الأجسام الكيتونية مثل الأسيتون . مما يؤدي إلي زيادة حموضة الدم كما يحدث في مرضي البول السكري

٥) يخزن الزائد من المواد الدهنية علي هيئة دهن في النسيج الدهني .

ويمكن تصوير خطوات التمثيل الغذائي للمواد الدهنية بالشكل التخطيطي التالي :



التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية

تعتبر المواد الكربوهيدراتية المصدر الأساسي للطاقة بالجسم حيث تمده بأكثر من ثلثي إحتياجاته من الطاقة . وتمتص المواد الكربوهيدراتية من الأمعاء الدقيقة علي هيئة سكر الجلوكوز الأحادي الذي يحمله الدم إلي الكبد ثم إلي باقي أجزاء الجسم ليستخدم فيما يأتي :

١) يمر الجلوكوز إلي الكبد حيث يخزن علي صورة جليكوجين . ويعتبر جليكوجين الكبد مخزن عام للمواد الكربوهيدراتية بالجسم . فإذا إنخفضت نسبة الجلوكوز في الدم تحول جليكوجين الكبد إلي جلوكوز . كما يخزن الجلوكوز في العضلات علي هيئة جليكوجين يعرف بجليكوجين العضلات الذي يختلف عن جليكوجين الكبد في أنه لا يمكن لأي نسيج آخر غير العضلات أن يستخدمه بل تستخدمه العضلة نفسها أثناء الإنقباض ولا يمكن تحويله إلي جلوكوز في الدم .

٢) يحترق جزء من الجلوكوز داخل خلايا الأنسجة إلي ثاني أكسيد الكربون وماء وينتج عن ذلك طاقة حرارية

٣) يتحول الزائد من المواد الكربوهيدراتية إلي دهن مخزن في الجسم .

٤) تدخل المواد الكربوهيدراتية في تكوين المركبات المختلفة التي يفرزها الجسم مثل اللبن والبيض والإفرازات المخاطية .

٥) يفرز الجلوكوز في البول إلا أنه لا يتم إفرازه عادة إلا إذا زادت نسبته في الدم عن حد معين يعرف بالعتبة الكلوية (Renal threshold)

تنظيم نسبة الجلوكوز في الدم:

يحتفظ الدم بنسبة ثابتة من الجلوكوز . حيث تتكاتف كثير من العوامل علي حفظ درجة تركيز السكر في الدم ثابتة دون زيادة أو نقص (الثبات الذاتي للجلوكوز) . وهذه العوامل هي :

١) المعدة : يؤدي تناول الشخص كميات كبيرة من الجلوكوز دفعة واحدة إلي القيئ . كما يؤدي إلي إفراز هرمون الإنتروجاسترين الذي يقلل من حركة المعدة وأفرازاتها .

٢) الأمعاء : تتميز سرعة إمتصاص السكر بالثبات فلا تتأثر بكمية السكر في الأمعاء .

٣) الكبد : يمر الجلوكوز الممتص إلي الكبد حيث يخزن جزء منه علي هيئة جليكوجين مما يؤدي إلي منع إرتفاع نسبة الجلوكوز في الدم أما إذا قلت نسبة الجلوكوز تحول الجليكوجين المخزن في الكبد إلي جلوكوز لتعويض مقدار الفقد فيه وإرجاع مستواه في الدم إلي الحدود الفسيولوجية .

٤) الهرمونات : تعتمد نسبة جلوكوز الدم علي التوازن الدقيق في عمل هرمونات خاصة هي :

١) الإنسولين : الذي يعمل علي خفض مستوي سكر الدم بالطرق الآتية :

١) يساعد علي تحويل الجلوكوز إلي جليكوجين مخزن في الكبد .

٢) يساعد علي إحتراق الجلوكوز في الأنسجة إلي ثاني أكسيد الكربون والماء .

٣) يساعد علي تحويل الجلوكوز إلي دهن وتخزينة في الأنسجة الدهنية .

٤) يمنع تحويل المواد الغير كربوهيدراتية إلي جلوكوز .

٢) الجلوكاجون : وهو مضاد لعمل الإنسوواين حيث يعمل علي زيادة جلوكوز الدم عن طريق تحويل جليكوجين الكبد إلي جلوكوز .

٣) الهرمون المولد للبول السكري : يضاد فعل الإنسولين تماما . إذ أنه :

١) يحول جليكوجين الكبد إلي جلوكوز .

٢) يساعد علي تكوين الجلوكوز من مواد غير كربوهيدراتية .

٣) يقلل من إحتراق الجلوكوز بالأنسجة .

٤) هرمونات غدة فوق الكلية (الأدرينال) :

١) يقوم الكورتيزول (وهو هرمون القشرة) بتحويل البروتين إلي جلوكوز في الدم .

٢) يساعد الأدرينالين (وهو هرمون النخاع) علي تحويل جليكوجين الكبد إلي جلوكوز

٥) هرمونات الغدة الدرقية : ينبه هرمون الثيروكسين عمليات التمثيل الغذائي بالأنسجة . كما يساعد علي تحويل جليكوجين الكبد إلي جلوكوز .

٦) الكليــة : إذا إرتفع مستوي سكر الدم عن العتبة الكلوية يخرج السكر في البول .

من ذلك كله نري أن نسبة جلوكوز الدم تعتمد علي التوازن الدقيق بين عوامل مختلفة . فإذا إختل هذا التوازن إختل تبعا لذلك مستوي جلوكوز الدم مما يؤدي إلي ظهور السكر في البول وهو ما يعبر عند بزيادة جلوكوز البول (Glucosuria) الذي يعتبر عرض مرضي يتخذ أعراضا تختلف بإختلاف المسبب في ظهور السكر في البول . كما هو موضح فيما يلي :

١) البول السكري الغير مصحوب بزيادة مستوي سكر الدم : والذي يعرف بالبول السكري الكلوي . والذي ينشأ عن إنخفاض قيمة العتبة الكلوية عن الحدود الطبيعية .

٢) البول السكري المصحوب بإرتفاع مستوي سكر الدم : وأنواعه هي :

١) البول السكري الهضمي : الذي ينشأ عن تناول كميات كبيرة من المواد الكربوهيدراتية دفعة واحدة فيؤدي إلي إرتفاع كبير في مستوي الدم يستتبعه ظهور السكر في البول إلا أن نسبة السكر تعود بعد وقت معين إلي وضعها الطبيعي ويختفي ظهور السكر في البول

٢) البول السكري الناتج عن الإنفعالات العصبية : تزداد نسبة السكر في الدم في حالات الإنفعالات العصبية نتيجة لإفراز هرمون الأدرينالين من نخاع غدة فوق الكلية والذي يحول جليكوجين الكبد إلي سكر جلوكوز .

٣) البول السكري البنكرياسي : ويعرف لدي العامة بمرض السكر . وينشأ نتيجة فشل البنكرياس في إفراز هرمون الإنسيولين . ويتميز هذا المرض بظهور الأسيتون والأجسام الكيتونية في البول . بالإضافة إلي ظهور السكر .

٤) البول السكري الناتج عن زيادة إفراز الهرمونات الآتية :

جلوكاجون (البنكرياس) ـ الثيروكسين (الدرقية) ـ هرمونات غدة فوق الكلية ـ الهرمون المولد لمرض البول السكري (النخامية الغدية) .

سادسا : التخلص من بقايا نواتج الهضم الضارة الصلبة

يتم التخلص من بقايا نواتج الهضم الصلبة (الضارة) عن طريق الروث الناتج من :

١) البقايا الغير مهضومة لمكونات العليقة .

٢) بقايا العصارات الهضمية التي لم تمتص مع الغذاء المهضوم ـ بعض الخلايا الطلائية للغشاء المخاطي المبطن للقناة الهضمية ـ بكتيريا والتي تكون جزء ليس بالقليل من مكونات الروث ـ مواد يفرزها جدار الأمعاء الغليظة مثل فوسفات الكالسيوم وأملاح الحديد ـ الماء الذي يختلف كميته في الروث بإختلاف نوع العليقة ومحتواها المائي ونوع الحيوان .

والروث عادة قاعدي من الخارج لإحتوائه علي المخاط وحمضي من الداخل بسبب حدوث التحليلات البكتيرية . ويتميز الروث بألوان خاصة تختلف بإختلاف الحيوانات وطبيعة الغذاء .

عملية التبرز :

وهي العملية التي يتم عن طريقها قذف محتويات الأمعاء الغليظة من بقايا نواتج الهضم الصلبة إلي الخارج . وتتوقف عملية التبرز علي حدوث أفعال منعكسة تساعدها أفعال إرادية . تبدأ بتجميع المواد

البرازية في قولون الحوض فيشعر الحيوان بإمتلائه . ويصل جزء من الروث إلي المستقيم عندما تحدث إحدي الأفعال الإنعكاسية الدودية الكاملة . فيؤدي ذلك إلي ظهور فعل عكسي من المستقيم يؤدي إلي إنقباض الجزء الأسفل من الأمعاء الغليظة والمستقيم . كما ترتخي العضلة العاصرة اللاإرادية

ويتم التبرز بعدة حركات إرادية . تبدأ بإرتخاء العضلة العاصرة اللاإرادية وينقبض الحجاب الحاجز وعضلات جدار البطن وعضلات قاع الحوض في حين تقفل فتحة المزمار فيزداد الضغط داخل تجويف البطن مما يساعد علي خروج الروث .وعادة ما يكون الروث متماسك لا هو شديد السيولة (إسهال) ولا هو شديد الصلابة (إمساك) .ولكل من العرضين السابقين أسبابه نوجزه فيما يلي :

الإمســاك : وينتج عن بقاء المواد البرازية في الأمعاء الغليظة وقتا أطول من اللآزم . ومن أسبابه :

١) بقاء كمية من السليلوز في الغذاء الغير مهضوم .
٢) قلة كمية الماء بالغذاء أو فقد كمية كبيرة من ماء الجسم لسبب أو لآخر .
٣) ضعف عضلات الجسم سواء أكانت عضلات البطن أو الأمعاء .
٤) وجود أماكن ملتهبة في القناة الهضمية مثل إلتهابات الإعور والإصابة بالبواسير (في الإنسان)
٥) تناول بعض المواد القابضة .

الإسهــال : وهوخروج المواد البرازية علي صورة مائية وعلي فترات متقاربة ومن أسبابه :

١) زيادة كمية الدهن في العليقة .
٢) إلتهاب القولون كما في حالة الإصابة بالأمراض الطفيلية .
٣) التسمم الغذائي . وفي هذه الحالة يصحب الإسهال القيئ .

القيــئ : هو تفريغ المعدة عن طريق فتحة الفم نتيجة لتنبيه مركز القيئ للأسباب الآتية.

١) تنبيه مركز القيئ بالنخاع المستطيل نتيجة لنقص الأكسوجين كما في حالة الإختناق .
٢) تهيج الحلق أو إلتهاب أي جزء من القناة الهضمية مثل الزائدة الدودية أو المرارة .
٣) نتيجة لدوار البحر وخلال الأشهر الأولي من الحمل في الإنسان .

التنفـــــس

RESPIRATION

التنفس هو تبادل الغازات بين الكائن الحي وبيئته الخارجية . وكما هو معروف ـ يحصل الحيوان علي كل إحتياجاته من الطاقة اللازمة لمختلف العمليات الحيوية من أكسدة جزيئات المواد المحتوية علي كربون والتي ينتج عنها ثاني أكسيد الكربون . وعليه يلزم الحيوان إمداد مستمر من الأكسوجين اللازم لعمليات الأكسدة كما أنه من الضروري له أن يتمكن من التخلص من ثاني أكسيد الكربون الناتج من تلك العمليات ليستمر الحيوان في الحياة والبقاء .

ويتم التنفس في أبسط صور الكائنات الحية مباشرة بين الكائن الحي وبيئته الخارجية . بينما يوجد ـ في الحيوانات الأكثر رقيا وتطورا ـ جهاز خاص للتنفس يكون وظيفته جعل الهواء الجوي أو الماء المحتوي علي أكسوجين (كما هو الحال في الكائنات التي تعيش في الماء) علي إتصال بالدم داخل الدورة الدموية . وبذلك يتم إنتقال الأكسوجين داخل الأنسجة أو إلي الدم بينما ينتقل ثاني أكسيد الكربون إلي الرئة أو الخياشيم للتخلص منه عن طريق ميكانيكية خاصة تعرف بميكانيكية التنفس .

ويوجد في الحيوانات الراقية ـ ومنها الحيوانات الزراعية الثديية والطيور ـ نوعان من التنفس . يسمي أحدهما بالتنفس الخارجي بينما يطلق علي النوع الثاني التنفس الداخلي :

<u>التنفـس الخارجـي</u> <u>Exsternal respiration or Expiration</u> :

وفيه يتم التبادل الغازي بين البيئة الخارجية (الهواء) والدم (داخل الشعيرات الرئوية) .

<u>التنفـس الداخلـي</u> <u>Internal or tissue respiration or Inspiration</u> :

وفيه يتم التبادل الغازي بين الدم (داخل الشعيرات الدموية الجهازية) والأنسجة المختلفة . كما يشمل أيضا العمليات المعقدة للأكسدة الفسيولوجية داخل الخلايا لتوفير إحتياجاتها من الطاقة .

وفي كلا النوعين من التنفس ينتقل الأكسوجين للداخل إلي الدم ثم إلي الأنسجة بينما يخرج ثاني أكسيد الكربون من الأنسجة إلي الدم ثم من الدم إلي الخارج عن طريق اعضاء الجهاز التنفسي . وعليه فيجب أن تشمل دراسة التنفس الوسائل التي عن طريقها يتم الإمداد الأكسوجيني داخل الخلاياثم إستخداد الأكسوجين في عمليات الأكسدة وتنظيم إمدادالطاقة . كما تشمل أيضا الوسائل التي عن طريقها يتم التخلص من ثاني أكسيد الكربون كناتج هام من نواتج عمليات الأكسدة .

الجهــاز التنفــسي
Respiratory apparatus

تركيب الجهاز التنفسي في الثدييات :

يتكون الجهاز التنفسي في الثدييات من الرئتين والممرات الهوائية الموصلة إليها والأغشية البللورية والعضلات التي تقوم بزيادة أو خفض الحيز الصدري . كما يشمل الأعصاب الموصلة والخارجة من تلك التراكيب التنفسية .

أولا : الممـــرات الهوائيـــــة Air passages :

وتشمل التجويف الأنفي Nosal cavity والبلعوم Pharynx والحنجرة Larynx والقصبة الهوائية Trachea والشعب الهوائية Bronchi . وتتميز كل هذه الممرات بكون لها تركيب خاص يجعلها أنابيب متصلة مفتوحة إلي الرئتين . وفيما يلي وصفا مختصرا لكل من هذه الممرات .

١) **الأنـف** : وهـو المدخل الطبيعي للهواء . وفيه يتم التخلص من ذرات الأتربة التي قد تكون عالقة بهواء التنفس وذلك لوجود شعر بداخل تجويفه وتبطينه بغشاء مخاطي مندي دائما لتلتصق به ذرات الأتربة الرفيعة . ويساعد الأنف كذلك علي تدفئة الهواء قبل دخوله إلي الرئتين بواسطة شعيرات دموية منتشرة في الغشاء المخاطي المبطن للأنف .

٢) **البلعـوم** : وهو قناة مشتركة بين الجهازين الهضمي والتنفسي . يفتح جزؤه العلوي في الفم وفتحة الأنف الداخلية أما جزؤه السفلي فيفتح في المرئ والحنجرة .

٣) **الحنجـرة** : وهو عضو غضروفي توجد به أوتار الصوت وتغطي بلسان المزمار .

٤) **القصبة الهوائية والشعب الهوائية** : أنبوبة طويلة تتفرع إلي فرعين . يتجه كل فرع إلي رئة . حيث يتفرع إلي فروع أصغر فأصغر تعرف بالشعب الهوائية التي تتفرع بدورها إلي شعيبات تنتهي بالحويصلات الرئوية . والحنجرة مفتوحة بإستمرار بواسطة غضاريف غير كاملة الإستدارة . يتكون جزؤها الخلفي من عضلات لاإرادية وذلك لوجود المرئ خلف القصبة الهوائية لتسهيل البلع .فإذا مر الغذاء تمدد المرئ وضغط علي الجزء العضلي ولا يحدث هذا إذا كانت الغضاريف كاملة الإستدارة . أما الشعب الهوائية فتحتوي علي غضاريف كاملة الإستدارة وعضلات لاإرادية تغذيها أعصاب من الجهاز العصبي الذاتي وهي علي نوعين :

١) أعصاب سمبثاوية تعمل علي توسيع قطر القصبة والشعب الهوائية .

٢) أعصاب جارسمبثاوية يؤدي تنبيهها إلي تضييق قطر القصبة والشعب الهوائية .

ثانيا : الرئـــــة Lung :

يوجد منها عادة زوج يقع كل واحدة منها علي جانب من التجويف الصدري للحيوان . ويمكن إعتبارها كيس غشائي مرن . ويتصل سطحها الداخلي إتصالا حرا ومباشرا بالهواء الخارجي الداخل إليها عن طريق الممرات التنفسية . ويتحور هذا السطح الداخلي وتزداد مساحته المعرضة منه لهذا الهواء نتيجة لإحتوائه علي العديد من الحويصلات الرئوية هي عبارة عن أكياس رقيقة الجدار تتكون من طبقة واحدة من خلايا طلائية بلاطية محتوية علي ألياف . وتنتشر في جدرها شعيرات دموية عديدة . وتعتبر الحويصلات الرئوية المكان الوحيد الذي يتم فيه التبادل الغازي بين الدم والهواء . إذ لا يفصلها إلا طبقة واحدة من نسيج طلائي بلاطي الذي يبلغ قطرة نصف ميكرون .

ثالثا : الغشـــاء البللـــوري The Pleurae :

وهو غشاء رقيق أملس يغطي الرئة ويشبه تامور القلب . ويتكون من طبقتين الداخلية منها تسمي البللورا الحشوية وتغطي الرئة وتلتصق بها تماما . أما الخارجية فتبطن جدار الصدر وتتبعه في حركته . ويوجد بين طبقتي الغشاء البللوري كمية صغيرة من سائل يسهل حركة الرئة ويمنع إحتكاك الطبقتين . وتزيد كمية السائل أو تقل في بعض الحالات مما يؤدي إلي ظهور أعراض مرضية في التنفس . فإذا ما جف هذا السائل كما في حالات إلتهاب البللورا فإنه يصحب ذلك إحتكاك الطبقتين والشعور بألم شديد في التنفس .أما إذا صحب الإلتهاب زيادة في كمية السائل فإنه يضغط علي الرئة ويصبح التنفس صعبا .

رابعا : التجـــويف الصـــدري :

وهو تجويف الجسم المحتوي علي الرئتين والقلب . وليس لهذا التجويف أي إتصال بالخارج . وينفصل تماما عن التجويف البطني عن طريق الحجاب الحاجز . وتختلف سعة التجويف الصدري أثناء عملية التنفس . فيزيد وبالتالي تزيد سعة الرئتين أثناء الشهيق . ويقل حجمه وبالتالي يقل سعة أو حجم الرئتين أثناء الزفير .

والضغط داخل تجويف الصدر سالب غالبا . ويزداد سالبيته بزيادة تمدد الرئة . ويؤثر هذا الضغط السالب علي أعضاء كثيرة داخل تجويف الصدر أهمها الأوردة الكبري والأذينين لرقة جدرها مما يجعل ذلك من أهم العوامل المساعدة علي رجوع الدم إلي القلب كما ذكرنا .

والسبب في سالبية الضغط داخل الصدر هو أن الرئة غنية بالنسيج المطاط المرن . ولما كانت الرئة مستقلة عن الهواء الجوي رغم إتصالها به فهي تريد أن تتقلص ولكن لا يمكن لجدار الصدر أن يتبع تقلص الرئة بنفس الدرجة لوجود الضلوع . لذا يكون الضغط داخل تجويف الغشاء البللوري سالبا عادة . كما يتأثر مقدار الضغط السالب بدورة التنفس كما يتضح من الجدول :

دورة التنفس	مقدار الضغط (ضغط جوي)
الزفير العـــادي	٣.
الشهيق العـــادي	٦.
الشهيق العميق جدا	٣٠.
الزفير العميق جـدا	٣٠:٤٠

تركيب الجهاز التنفسي في الطيور :

يتركب الجهاز التنفسي للطيور من الرئتين (Lungs) والممرات الهوائية (Air passages) والتي تشمل التجاويف الأنفية (Nosal cavities) والبلعوم (Pharynex) والقصبة الهوائية (Trachea) والحنجرة السفلي (Syrinx or Larynx) وشعب القصبة الهوائية (Bronchi) والتفرعات (Ramifications) . كمايشمل الأكياس الهوائية (Air sacs) والأجسام العظمية التنفسية (Pneumatic body bones) .

والرئتان صغيرتان تتصل بالضلوع . وهي ذات مقدرة علي الإنقباض والإنبساط عند تحرك الضلوع والحجاب الحاجز . ولا تمتاز رئة الطيور بنفس مرونة رئة الثدييات . وللطيور حجابان حاجزيان . يسمي الأول بالحجاب الحاجز الرئوي (Pulmonary diaphragm) يقسم التجويف الصدري إلي جزئين : ظهري - وبطني ويقع الثاني بين التجويفين الصدري والبطني .

ويحتوي الجهاز التنفسي للطيور كما ذكرنا علي أكياس هوائية تتصل بالرئة عن طريق الشعب الهوائية المتوسطة (Mesobronchi) والشعب الهوائية الثانوية (Secondary bronchi) . وتوجد تسعة أكياس هوائية هـي :

١ كيس هـوائي بين ترقـوي Interclavicular air sac
٢ كيسان هوائيان عنقيان Cervical air sacs
٢ كيسان هوائيان صدريان أماميان Anterior thoracic air sacs
٢ كيسان هوائيان صدريان خلفيان Posterior thoracic air sacs
٢ كيسان هوائيان بطنيان Abdominal air sacs

وتتصل الأكياس الهوائية بالعظام الرئوية بالجسم (Pneumatic bones) وهي عظام الفخذ(Femur) والعضد (Humerus) والقص (Sternum) والسلسلة الفقارية (Vertebral column) . ولمعظم هذه العظام فراغات هوائية لذا سميت بالعظام الرئوية ولو أنه ليس لها أي أهمية فسيولوجية . ويبين الشكل التالي الأكياس الهوائية المتصلة بالجهاز التنفسي في الدجاج :



<u>دور الأكياس الهوائية في التنفس</u> : للأكياس الهوائية الوظائف التالية :

١) تزيد من التهوية الرئوية وتبادل الغازات . كما تنظم الرطوبة في هواء الزفير
٢) لا تعتبر تراكيب هامة في التنفس فيمكن أن يستمر التنفس بدونها مع إنخفاض حجم هواء المد.
٣) تقلل من الوزن النوعي للطائر وبالتالي تساعد علي الطيران .
٤) تساعد في عملية تنظيم درجة حرارة الجسم بتدفئة وتبريد هواء الشهيق .
٥) تساعد الأكياس الهوائية البطنية التي تتصل بالخصية علي تكوين الحيوانات المنوية في الذكر .

<u>ميكانيكية التنفس</u>

التنفس هو تتابع عمليتي الشهيق ـ الذي يتم به دخول الهواء داخل الرئة والممرات التنفسية . والزفير التي يتم عن طريقة خروج الهواء من الرئة والممرات التنفسية .

ويتم الشهيق عن طريق إتساع الصدر في جميع إتجاهاته نتيجة لإنقباض الحجاب الحاجز فيقل تحدبه ويزيد نتيجة لذلك قطر الصدر من أعلي إلي أسفل . كما تنقبض الطبقة الخارجية من عضلات ما بين الضلوع فترتفع الضلوع إلي الخارج ويزيد قطر الصدر من الجانبين الأمامي والخلفي . ويؤدي إتساع الصدر من جميع الإتجاهات علي هذا النحو إلي إنخفاض الضغط داخله الصدر وإندفاع الهواء من الأنف إلي الممرات التنفسية والرئة .

والزفير عملية عكسية للشهيق . وتبدأ فور إنتهاء الشهيق . وفيها ينتهي إنقباض عضلة الحجاب الحاجز وعضلات ما بين الضلوع . فيعود الحجاب الحاجز إلي تحدبه كما يعود الصدر إلي حجمه الطبيعي . مما يؤدي إلي إرتفاع الضغط داخل الصدر فتخرج من الرئة والممرات التنفسية كمية من الهواء مماثلة لتلك التي دخلت أثناء الزفير .

ولا يشترك أي نوع من العضلات في الزفير العادي . أما في حالات ضيق التنفس فتنقبض عضلات الصدر ومنها الطبقة الداخلية من عضلات ما بين الضلوع .

وفي الطيور : تتحرك عظام وضلوع القص إلي الأمام وإلي أسفل عند الشهيق . كما تمتد ضلوع العامود الفقاري إلي الأمام وإلي الداخل فيتسع نتيجة لذلك القطر العمودي للصدر وتتمدد الرئتان . وعن الزفير تحدث نفس التغيرات ولكن بطريقة عكسية . من ذلك نري أنه ليس للحجابين الحاجزيين في الطيور أي دور في عملية التنفس .

ويندفع الهواء أثناء التنفس إلي خارج الأكياس الهوائية الخلفية في شعب القصبة الهوائية (bronchi) ثم إلي الـ (Parabronchi) فالشعب الهوائية البطنية (Ventrobronchi) ثم إلي دهليز الأذن فالشعب الهوائية الأولية (Primary bronchi) فالحنجرة . أما أثناء الشهيق فيتحرك الهواء في أتجاه عكسي ما ذكر أثناء الزفير .

معدل التنفس (سرعته)
Rate of respiration

يعرف معدل التنفس بأنه عدد مرات التنفس في الدقيقة الواحدة . وعادة ما يتخذ عدد مرات الشهيق أو عدد مرات الزفير للإشارةإلي عدد مرات التنفس عند حساب سرعةأومعدل التنفس . ويختلف هذا المعدل بإختلاف عوامل كثيرة منها نوع الحيوان وعمرة وجنسه ومعدلات التمثيل الغذائي ودرجة الحرارة والضغط الجويين ومقدار المجهود المبذول وقت قياس معدل التنفس

والحالة الصحية والإنتاجية ودرجة إمتلاء الجهاز الهضمي ... وغيرها من العوامل . ويوضح الجدول التالي معدلات التنفس في الإنسان وبعض الحيوانات الزراعية مقدرة علي أساس عددمرات التنفس في الدقيقة

النوع	معدل التنفس	النوع	معدل التنفس
الإنسان	١٦ : ١٨	الـــدواجن :	
الفصيلة الخيلية	٨ : ١٦	الأرانب	١٠ : ١٤
الفصيلة البقرية	١٢ : ٢٨	الدجاج	٢٠ : ٣٧
الجاموس	١٠ : ٣٠	الحمام	٥٠ : ٧٠
الجمال	٥ : ٢٠	الرومي	٢٨ : ٤٩
الأغنام	١٢ : ٢٠	الأوز	٢٠ : ٤٠
الماعز	١٠ : ١٨	البط	٤٠ : ١١٠

العوامل المؤثرة علي معدل التنفس :

١) درجـــة التهوية : تزداد سرعة التنفس في الأماكن رديئة التهوية التي ترتفع فيها نسبة ثاني أكسيد الكربون . مما يؤدي إلي زيادة كبيرة في كمية هذا الغاز في هواء الرئة . مما يدفع الحيوان إلي زيادة سرعة تنفسه لدفع الهواء للخارج والتخلص من هذا الغاز . ويقف التنفس مؤقتا إذا قلت نسبة هذا الغاز في الهواء الجوي عن ٥ر٪ حتي يتم حدوث توازن في كمية هذا الغاز في الدم .

٢) درجة حرارة الجسم : يؤدي إرتفاع درجة حرارة الجسم إلي زيادة معدلات التمثيل الغذائي التي تؤدي بدورها إلي زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون الناتج من هذه التفاعلات مما يزيد من سرعة التنفس للتخلص من الكميات الزائدة من هذا الغاز . وهذا يعلل إرتفاع سرعة التنفس عند الإصابة بالحمي التي إلي رفع درجة حرارة الجسم .

٣) النشاط العضلي : يؤدي زيادة المجهود العضلي إلي زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون الناتج عن إحتراق المواد الغذائية لإمداد الجسم بالطاقة الازمة للقيام بهذا المجهود . ويؤدي ذلك إلي زيادة سرعة التنفس للتخلص من الكميات الزائدة للغاز .

٤) الضغط الجوي : تنخفض نسبة الأكسوجين عادة عند إنخفاض الضغط الجوي الشديد . فيدفع ذلك الجسم إلي تعويض نقص الأكسوجين بزيادة عدد مرات التنفس . ويصعب التنفس أو قد يقف وينفق الحيوان في حالات إرتفاع الضغط الجوي .

النسبة التنفسيــــة

تعرف النسبة التنفسية بأنها النسبة بين حجم كل من ثاني أكسيد الكربون الموجود في هواء الزفير إلي كمية الأكسوجين المستهلكة الداخلة مع هواء الشهيق . أي أن

$$\text{النسبة التنفسية} = \frac{\text{كميــة ثاني أكسيد الكربون الناتجة}}{\text{كميــة الأكسوجين المستهلكـــة}}$$

وتختلف هذه النسبة بإختلاف نوع الحيوان وجنســه وعمره . كما تتوقف إلي حد كبير علي نوع المادة الغذائية التي يراد أكسدتها . فتعطي المواد الكربوهيدراتية أكبر قيمة للنسبة التنفسية (١ر٠) تليها المواد البروتينية (٨ر٠) . وتأتي المواد الدهنية وسط بين هذه وتلك (٧٠٣ر٠) . وهوما نبينة فيما يلي

١) في حالة المواد الكربوهيدراتية فإنه يلزم لإحتراق جزيئ الجلوكوز مثلا ٦ جزيئات من الأكسوجين وينتج عن الإحتراق ٦ جزيئات ثاني أكسيد الكربون . أي أن :

$$C_6H_{12}O_6 + (6)\,O_6 \rightarrow (6)\,CO_2 + (6)\,H_2O + \text{Energy}$$

وعليه تكون النسبة التنفسية في هذه الحالة $1 = (6)\,O_6 \div (6)\,CO_2$

٢) وفي حالة المواد الدهنية فإنه يلزم لإحتراق جزيئ حمض البلمتيك مثلا ٥ر٧٢ جزيئ اكسوجين لينتج عن ذلك ٥١ جزيئ ثاني أكسيد الكربون أي أن :

$$C_{51}H_{98}O_6 + (72.5)\,O_2 \rightarrow (51)\,CO_2 + (49)\,H_2O + \text{Energy}$$

وعليه تكون النسبة التنفسية في هذه الحالة $(51)\,CO_2 \div (72.5)\,O_2 = 0.703$

٣) وبالمثل فإن النسبة التنفسية في حالة المواد البروتينية تكون ٨ر٠

هذا . ويمكن تحديد نوع العليقة التي تغذي عليها الحيوان من معرفة النسبة التنفسية . فإذا قاربت هذه النسبة قيمة الواحد الصحيح دل ذلك علي أن معظم الغذاء المتناول كان من المواد الكربوهيدراتية . أما إذا قلت هذه النسبة عن الواحد الصحيح وقاربت القيمة ٧ر. دل ذلك علي سيادة المواد الدهنية في العليقة . وقد ترتفع النسبة التنفسية في بعض الأحيان عن الواحد الصحيح عند تسمين الحيوان بكثافة . حيث يعمل التسمين علي تحويل المواد الكربوهيدراتية - الغنية بالأكسوجين . في العليقة إلي مواد دهنية . الفقيرة في الأكسوجين . في الجسم مما ينتج عن ذلك خروج فائض من الأكسوجين نتيجة لهذا التحويل . وغالبا ما يبقي هذا الفائض في الجسم

لإستعمالة في عمليات الأكسدة فتقل كمية الأكسوجين المستهلكة لعمليات التنفس فتزيد النسبة التنفسية في هذه الحالة .

حجـــوم هـــواء التنفـــس

Respiratory air volumes

يختلف حجم هواء التنفس الداخل أثناء الشهيه أو الخارج أثناء الزفير كثيرا بإختلاف نوع الحيوان وجنسه وكذا بإختلاف عمق التنفس وشدته. ويمكن وضع تلك الحجوم في أربعة مجاميع هي :

١) حجم هواء المد ـ عمق التنفس ـ حجم هواء الشهيق العادي Tidal air volume (VT) :

وهو حجم الهواء الداخل إلي الصدر في كل شهيق أو يخرج منه مع كل زفير في الدورة التنفسية الواحدة وقت الراحة . وهو يختلف بإختلاف جنس الحيوان كما يتضح من الجدول التالي :

الحيوان	حجم هواء المد (ملليلتر)	الحيوان	حجم هواء المد (ملليلتر)
الإنسان	٥٠٠	الأغنام	٣١٠
الحصان	٦٠٠٠	الماعز	١٥٠ : ٢٦٠
أبقار اللبن	٣١٠٠ : ٣٨٠٠	الدجاج	٤٥
الخنازير	٣١٠	البط	٣٧

كما يختلف حجم هواء المد بإختلاف وزن الجسم طبقا للمعادلة التالية :

حجم هواء المد (ملليلتر) = ٠٠٤٧ر × وزن الجسم بالجرام

٢) حجم إحتياطي الشهيق Inspiratory reserve volume (IRV) :

وهو حجم الهواء الذي يدخل الرئة بأعمق شهيق ممكن بعد الشهيق العادي . ويبلغ قيمتـه في الإنسان ٢٠٠٠ ملليلتر . وفي الحصان ١٢٠٠٦ ملليلتر . وفي الأغنام ١٠٠ : ٢٦٠ ملليلتر .

٣) حجم إحتياطي الزفير Expiratory reserve volume (ERV) :

وهو حجم الهواء الذي يخرج من لرئة بأعمق زفير ممكن بعد الزفير العادي . ويبلغ قيمته في الإنسان ١٢٠٠ ملليلتر . وفي الحصان ١٢٠٠٠ ملليلتر . وفي الأغنام ١٠٠ : ٢٦٠ ملليلتر .

٤) حجم الهواء المتبقي في الممرات الهوائية والرئة Resedual air vplume (RV) :

وهو حجم الهواء المتبقي في الرئة والممرات الهوائية بعد خروج هواء أقصي زفير ممكن . فلا يمكن للرئة أن تتقلص بدرجة تمكنها من طرد كل الهواء الموجود بها . لذا يتبقي فيها

وفي الممرات التنفسية الأخري هواء يسمي بالهواء المتبقي . ويبلغ حجمه في الإنسان ١٥٠٠ ملليلتر وقد يصل في الحصان إلي حوالي ١٢٠٠٠ ملليلتر

التهوية الرئوية

تعرف التهوية الرئوية بأنها كمية الهواء التي تدخل الرئة (الصدر) في الدقيقة الواحدة .

وتتوقف التهوية الرئوية علي عاملين هما :

١) حجم هواء المد (عمق التنفس) أو حجم هواء الشهيق العادي .

٢) عدد مرات التنفس في الدقيقة الواحدة .

وبذا تكون التهوية الرئوية = عمق التنفس × عدد مرات التنفس في الدقيقة

وتكون في الإنسان = ٥٠٠ × ١٦ = ٨٠٠٠ ملليلتر (٨ لتر) / دقيقة

سعات التنفس

تقسم سعات التنفس أو سعات الرئة إلي أربعة أقسام هي :

١) سعة الشهيق : وهي كمية الهواء التي تدخل الرئة مع الشهيق العميق بعد الزفيرالعادي أي أنه ناتج مجموع هواء المد (عمق التنفس) وحجم إحتياطي الشهيق .

سعة الشهيق = حجم هواء المد + إحتياطي الشهيق

= ٥٠٠ + ٢٠٠٠ = ٢٥٠٠ ملليلتر (في الإنسان)

٢) سعة الزفير : وهي كمية الهواء التي تخرج من الرئة بالزفير العميق بعد الزفيرالعادي . وعليه

سعة الزفير = حجم هواء المد + إحتياطي الزفير

= ٥٠٠ + ١٢٠٠ = ١٧٠٠ ملليلتر (في الإنسان)

٣) السعة الحيوية للصدر : هي كمية الهواء التي تدخل الرئة بإعمق شهيق ممكن بعد أعمق زفير ممكن وتحسب بالمعادلة التالية :

السعة الحيوية للصدر = حجم هواء المد + إحتياطي الشهيق + إحتياطي الزفير

= ٥٠٠ + ٢٠٠٠ + ١٢٠٠ = ٣٧٠٠ ملليلتر (في الإنسان)

وتساوي ٣٠٠٠٠ ملليلتر في الحصان ، ٨٠٠ : ١٥٤٠ ملليلتر في الأغنام .

٤) إحتياطي التنفس : وهو الفرق بين السعة القصوي للصدر والتهوية الرئوية . ويحسب كالآتي:

إحتياطي التنفس = السعة القصوي - التهوية الرئوية

المساحة الميتة وأثرها في عملية التنفس

تعرف المساحة الميتة Dead space أو الحجم الغير فعال في التبادل الغازي بأنها المساحة من الجهاز التنفسي التي لا يتم فيها تبادل غازات التنفس بين الدم والهواء الجوي . والأنف والبلعوم والجنجرة والقصبة الهوائية والشعب الهوائية كلها مناطق من الجهاز التنفسي لا يتم فيها التبادل الغازي وتسمي في مجموعها بالمساحة الميتة . وتبلغ سعتها في الإنسان ١٥٠ ملليلتر هواء .

وتختلف النظرة إلي المساحة الميتة من الوجهة التشريحية عنها من الوجهة الفسيولوجية أو الوظيفية :

١) فالحجم الغير فعال من الوجهة التشريحية هو عبارة عن أقصي سعة لتلك المناطق والذي قد يتغير تغيرا طفيفا نتيجة لإنقباض أو إنبساط الشعب الهوائية .

٢) أما هذا الحجم من الوجهة الفسيولوجية أو الوظيفية فهو عبارة عن حجم تلك المناطق الذي يكون قبل الزفير مباشرة مملوءا بهواء يشبه في تركيبة الهواء الجوي . ويدخل هذا الهواء إلي الرئة مع الشهيق التالي .

وعليه فالحجم الفعلي للهواء المتجدد في الرئة أي الحجم الفعلي لهواء المد من الوجهة الفسيولوجية هو ٣٥٠ ملليلتر وليس ٥٠٠ ملليلتر لوجود ١٥٠ ملليلتر تمثلها حجم المساحة الميتة .

وتكون التهوية الرئوية الحقيقية = حجم الهواء المتجدد فعلا في الرئة × عدد مرات التنفس في الدقيقة

وتكون في الإنسان = ٣٥٠ × ١٦ = ٥٦٠٠ ملليلتر/دقيقة

وتكون التهوية الرئوية الحقيقية في هذه الحالة ٥ر٦ لترا وليست ٨ لتر .

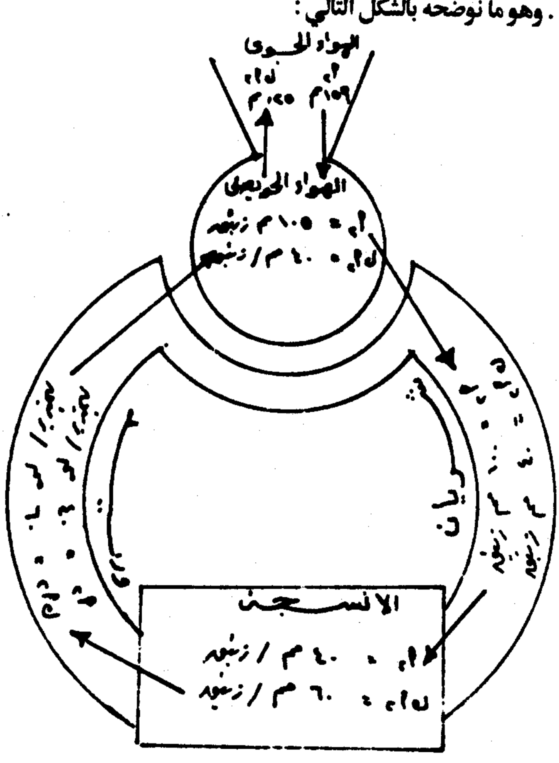
ويخرج أثناء الزفير هواءالمساحة الميتة (١٥٠ ملليلتر) أولا وهو هواء جوي لم يدخل الرئة أثناء الشهيق السابق . ثم يتبع ذلك خروج ٣٥٠ ملليلتر من هواء الحويصلات الرئوية . وعليه فإن هواء الزفير عبارة عن خليط من هواء الحويصلات الرئوية والهواء الجوي . وهو ما يوضحه تركيب كل من هواء الزفير والهواء الحويصلي والهواء الجوي في الجدول التالي :

الغـــاز	الهواء الجوي (٪)	هواء الزفير (٪)	الهواء الحويصلي (٪)
الأكســـوجين	٢١	١٦	٥ر١٤
ثاني أكسيد الكربون	٠٤ر	٤	٥ر٥
بخار المـــاء	متغير	مشبــع	مشبــع

من الجدول السابق يتضح لنا مدي إختلاف تركيب هواء الزفير عن الهواء الحويصلي من حيث إرتفاع محتواة من الأكسوجين وإنخفاض محتواه من ثاني أكسيد الكربون . وهو ما يؤيد وجود هواء في المساحة الميتة هو في الحقيقة مشابها في تركيبه للهواء الجوي من حيث إرتفاع محتواه من الأكسوجين وإنخفاض محتواه من ثاني أكسيد الكربون . الأمر الذي يؤدي إلي رفع نسبة الأكسوجين وإنخفاض نسبة ثاني أكسيد الكربون في هواء الزفير بالمقارنة بالهواء الحويصلي .

أنتشار غازات التنفس

تؤثر درجة تركيز غازات التنفس (الأكسوجين وثاني أكسيد الكربون) - وبالتالي إختلاف ضغوط تلك الغازات - في كل من الهواء الجوي في الحويصلات الرئوية والدم والأنسجة علي الطريقة التي يتم به إنتشار هذه الغازات بين الهواء الجوي في الحويصلات الرئوية والدم (الوريدي) في الرئة وبين الدم (الشرياني) والأنسجة . وهو ما نوضحه بالشكل التالي :



من الشكل السابق نري أن ضغط الأكسوجين في الهواء الحويصلي يبلغ ١٠٥ مم زئبق بينما يبلغ ضغطه في الدم الوريدي ٤٠ مم زئبق . ويؤدي ذلك إلي إنتشار الأكسوجين من الهواء الحويصلي إلي الدم حتي يتساوي (تقريبا) ضغط الأكسوجين في الدم الوريدي مع ضغطه في الهواء الحويصلي . وبذا يتحول الدم الوريدي إلي دم شرياني حيث يصبح ضغط الأكسوجين فيه ١٠٠ مم زئبق . يذهب الدم الشرياني إلي الأنسجة حيث ضغط الأكسوجين فيها ٤٠ مم زئبق . فينتقل نتيجة لذلك الأكسوجين من الدم الشرياني إلي الأنسجة . وبهذه الطريقة يتم إنتشار غاز الأكسوجين من الهواء الحويصلي إلي الدم ثم من الدم إلي الأنسجة .

ويتم ـ بنفس الطريقة ـ إنتشار غاز ثاني أكسيد الكربون ـ مع إختلاف إتجاه إنتشاره عن الأكسوجين . فضغط ثاني أكسيد الكربون في الهواء الحويصلي ٤٠ مم زئبق بينما يبلغ ضغطه في الدم الوريدي ٤٦ مم زئبق . ونظرا لإرتفاع قابلية ثاني أكسيد الكربون لإنتشار بالمقارنة بالأكسوجين فإن قلة الفرق في ضغطي الغاز بين الهواء الحويصلي والدم الوريدي (٦مم زئبق) تعتبر كافية لخروج ثاني أكسيد الكربون من الدم الوريدي إلي الهواء الحويصلي إلي أن يتساوي الضغطان (تقريبا) ويصبح ضغط ثاني أكسيد الكربون في الدم (الشرياني) ٤٠ مم زئبق وضغطه في الأنسجة ٦٠ مم زئبق .

وعند مرور الدم الشرياني إلي الأنسجة يخرج ثاني أكسيد الكربون منها إلي الدم

<u>صور كل من الأكسوجين وثاني أكسيد الكربون في الدم</u> :

<u>أولا</u> : <u>صور الأكسوجين في الدم</u> : يوجد الأكسوجين في الدم علي صورتين هما :

١) <u>صورة ذائبة في البلازما</u> : حيث يبلغ كمية الأكسوجين الذائبة في بلازما دم الإنسان حوالي ١٥ ملليلتر . وتمثل ٣ر٪ من الكمية الكلية للأكسوجين في الدم . وللأكسوجين الذائب في الدم أهمية في تحديد ضغط الأكسوجين في الدم وكمية المتحد منه بالهيموجلوبين .

٢) <u>صورة متحدة مع الهيموجلوبين</u> : حيث يتحد مع ذرة الحديدوز الموجودة في جزيئ الهيموجلوبين إتحادا كيميائيا وليس أكسدة . ويتحد كل جرام هيموجلوبين مع ٣٣ر١ ملليلتر من الأكسوجين .

<u>ثانيا</u> : <u>صور ثاني أكسيد الكربون</u> : يوجد ثاني أكسيد الكربون في الدم علي عدة صور هي :

١) ذائبا في البلازما حيث تبلغ نسبته حوالي ٥٪ .

٢) متحدا إتحادا كيميائيا إما :

أ) علي هيئة بيكربونات صوديوم في البلازما أو بيكربونات بوتاسيوم في الكرات الحمراء

ب) متحدامع المجموعة الأمينية لبروتينات البلازما أومع الهيموجلوبين مكونا مركبات الكربامين

ولثاني أكسيد الكربون الموجود علي هيئة بيكربونات في كل ١٠٠ ملليلتر من الدم الشرياني أهمية كبري في تنظيم حموضة الدم . إذ يعتبر الإحتياطي القلوي بالنسبة للجسم . فإذا تكون في الدم أحماض مثل حمض اللاكتيك (وهو أحد نواتج عمليات التمثيل الغذائي) فإن هذا الحامض يتفاعل مع بيكربونات الصوديوم الموجودة بالبلازما مكونا لاكتات صوديوم وحمض الكربونيك يتحلل حمض الكربونيك المتكون إلي ثاني أكسيد الكربون والماء . يتم التخلص منها أثناء التنفس

بيكربونات الصوديوم + حمض اللاكتيك ← لاكتات صوديوم + حمض الكربونيك

حمض الكربونيك ← ثاني أكسيد الكربون + مـاء

<u>الإحتواء الكسوجيني والسعة الأكسوجينية للدم</u>

يعرف الإحتواء الأكسوجيني بأنه حجم الأكسوجين الموجود فعلا في حالة إتحاد كيمياني في كل ١٠٠ ملليلتر من الدم . وتتراوح قيمته ما بين الصفر ودرجة التشبع الكلية بالأكسوجين .

وتعرف السعة الأكسوجينية للدم بأنها حجم الأكسوجين الذي يمكن أن يتحد مع ١٠٠ ملليلتر من الدم أوكمية الأكسوجين الموجودة في كل ١٠٠ ملليلتر من الدم متحدا مع الهيموجلوبين عندما يكون مشبعا بالأكسوجين . وتقدر السعة الأكسوجينية للدم بالمعادلة التالية :

السعة الأكسوجينية = الهيموجلوبين /١٠٠ ملليلتر × كمية الأكسوجين التي يمكن أن تتحد مع (جم) هيموجلوبين

= ١٥٫٦ × ١٫٣٣ = ٢١ ملليلتر

وتمثل النسبة بين الإحتواء الأكسوجيني والسعة الأكسوجينية درجة تشبع الدم بالأكسوجين .

تشبع الدم بالأكسوجين (٪) = (الإحتواء الأكسوجيني ÷ السعة الأكسوجينية) × ١٠٠

<u>معامل إستهلاك الأكسوجين</u>

وهو عبارة عن النسبة المئوية للفرق بين الإحتواء الأكسوجيني لكل من الدم الشرياني والدم الوريدي إلي الإحتواء الأكسوجيني للدم الشرياني :

<u>الإحتواء الأكسوجيني للدم الشرياني - الإحتواء الأكسوجيني للدم الوريدي</u> × ١٠٠

الإحتواء الأكسوجيني للدم الشرياني

فإذا فرضنا أن كمية الأكسوجين في كل ١٠٠ ملليلتر من الدم الشرياني = ٢٠ ملليلتر

وأن كمية الأكسوجين في كل ١٠٠ ملليلتر من الدم الوريدي = ١٥ ملليلتر

فيكون معامل إستهلاك الأكسوجين = [(٢٠-١٥) ÷ ٢٠] × ١٠٠ = ٢٥٪

ويختلف قيمة هذا المعامل بإختلاف مقدار الجهد الذي يبذله العضو وكمية الدم الماره فيه .

<u>العوامل المؤثرة علي قابلية الهيموجلوبين للأكسوجين</u> :

يقل قابلية الأكسوجين للإتحاد بالهيموجلوبين في الحالات التالية :

١) <u>زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون في الدم</u> : حيث تتناسب قابلية الهيموجلوبين للإتحاد بالأكسوجين تناسبا عكسيا مع زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الدم .

٢) <u>زيادة حموضة الدم</u> : التي تؤدي إلي تحلل الأكسي هيموجلوبين وإنفراد الأكسوجين .

٣) إرتفاع درجة حرارة الجسم : تسبب تحلل الأكسي هيموجلوبين .

<u>كيمياء تبادل غازات التنفس</u>

يدخل ثاني أكسيد الكربون المتكون من عمليات التمثيل الغذائي للأنسجة المختلفة إلي الدم نظرا لإرتفاع ضغطه في الأنسجة (٤٦ مم زئبق) عنه في الدم (٤٠ مم زئبق) حيث ينفذ معظمه داخل الكرات الدموية الحمراء . وفيها تحدثالتفاعلات التالية :

١) إما أن يبقي ثاني أكسيد الكربون علي حالته داخل الكرة الدموية الحمراء . حيث تبلغ نسبة الغاز التي تبقي علي هذه الصورة حوالي ٧٪ من كمية الغاز النافذة إلي الكرة الدموية الحمراء .

٢) يتحد ٢٣٪ من كمية الغاز النافذة مع مجموعة الأمين الحرة الموجودة بالهيموجلوبين مكونة مركبا غير ثابت سريع الإنحلال يعرف بال (كربامينوهيموجلوبين) .

ثاني أكسيد الكربون + هيموجلوبين ← كربامينوهيموجلوبين

$$HHb + CO2 \rightarrow HHbCO2$$

٣) يتحول ٧٠٪ من كمية الغاز النافذ إلي حمض الكربونيك بمساعدة إنزيم الكربونيك أنهيدراز . ثم يتأين الحمض بعد ذلك إلي أيونات البيكربونات وأيونات الإيدروجين

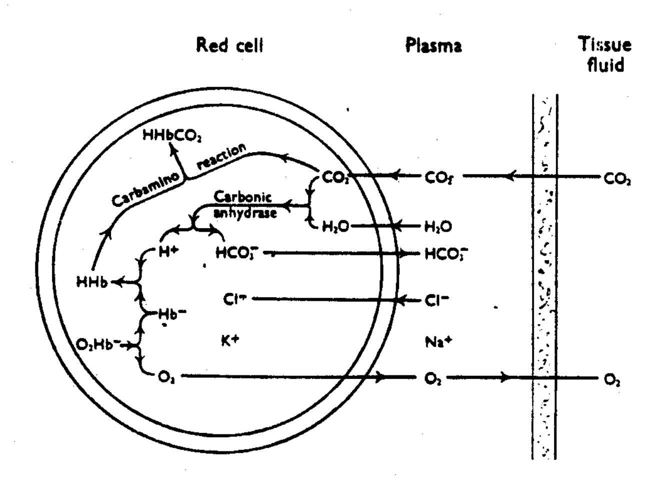
$$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$$

$$H_2CO_3 \rightarrow H + HCO_3$$

ويؤدي هذا التأين إلي زيادة عدد الأيونات الموجودة داخل الكرة الدموية الحمراء . مما يدفه أيونات الكلور السالبة إلي الدخول إلي الكرة للمحافظة عليالإتزان الكهربي داخل وخارج الكرة الدموية الحمراء وهو ما يعرف بالتبادل الكلوريدي Chloride shift .

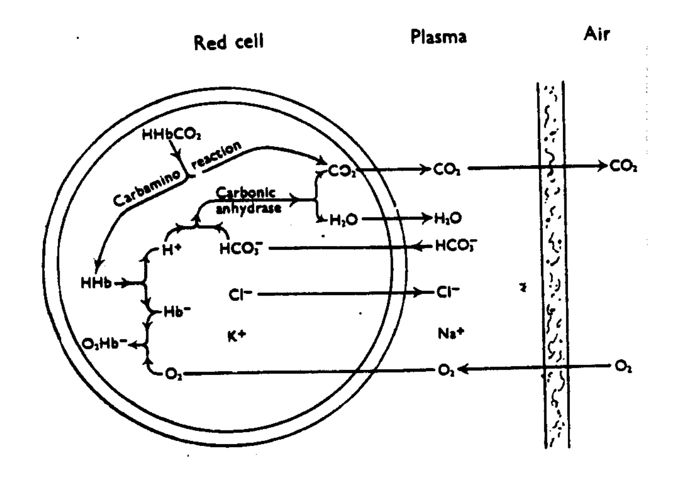
والفكرة في تحويل الكمية الزائدة من ثاني أكسيد الكربون إلي حمض الكربونيك ثم تأين الحمض إلي إيدروجين وبيكربونات هو جعل تركيز الغاز وبالتالي ضغطه داخل الكرة الدموية الحمراء منخفضا بإستمرارمما يساعد علي دخول ثاني أكسيد الكربون وانتشارة داخل الكرة الدموية الحمراء .

وتحدث هذه التفاعلات بين سوائل الأنسجة والدم . ويمكن تصويرها كما في الشكل التالي :



ويؤدي دخول ثاني أكسيد الكربون إلي داخل الكرة الدموية الحمراء إلي تحلل الأكسي هيموجلوبين وإنطلاق الأكسوجين منه إلي البلازما فيصبح تركيزه وضغطه بها أعلي من تركيزه وضغطه في الأنسجة مما يساعد علي إنتشاره من البلازما إلي سوائل الأنسجة . ويساعد عملية الإنفصال أيضا تأين حمض الكربونيك وتكوين أيونات البيكربونات والإيدروجين مما يزيد من الحموضة داخل الكرات الدموية الحمراء الأمر الذي يساعد علي إنحلال الأكسي هيموجلوبين .

ويتم داخل الرئة سلسلة من التفاعلات العكسية بين الدم المار إلي الحويصلات الرئوية داخل الشعيرات الدموية والهواء الحيصلي . والتي يمكن تصويرها في الشكل التالي :



تنظيـــم عمليــة التنفـــس

ينظم عملية التنفس مركز موجود في النخاع المستطيل يعرف بمركز التنفس . ينقسم هذا المركز إلي قسمين : القسم الأمامي كبير وقوي يعرف بمركز الشهيق . والقسم الخلفي صغير نسبيا ويعرف بمركز الزفير . كما يوجد مركزان آخران : الأول يسمي المركز المنظم ويوجد أعلي النخاع المستطيل . وهو لا يشترك في تنظيم التنفس الطبيعي . أما المركز الثاني فيوجد أسفل النخاع المستطيل وهو المسئول عن الشهقات التي تحدث قبل النفوق . ولا تأثير لهذين المركزين علي تبادل الغازات بالجسم ولكنها تعمل علي الإبقاء علي الحياة . ويؤدي تنبيه أحد مركزي التنفس إلي تثبيط المركز الآخر . ومركز الشهيق أقوي من مركز الزفير . وخلايا الأخير حساسة لضغط ثاني أكسيد الكربون في الدم الشرياني .

العـــوامل المنظمـــة لعمـــل مراكـــز التنفـــس :

١) ضغط ثاني أكسيد الكربون : ينشط مركز الشهيق إذا زاد ضغط ثاني أكسيد الكربون في الدم الشرياني عن ٤٠ مم زلبق . ويحدث هذا التنبيه عن طريقين : الأول مباشر علي مركز الشهيق . والثاني غير مباشر فتنبه زيادة ضغط ثاني أكسيد الكربون في الدم الشرياني خلايا كيميائية حساسة بجسم الأورطي والجسم السباتي فتزيد من سرعة التنفس وعمقه .

٢) <u>إشارات عصبية واردة من الرئة عن طريق العصب الحائر</u> : تتمدد الحويصلات الرئوية أثناء الشهيق ويؤدي تمددها إلي تنبيه نهايات عصبية موجودة علي جدرها حيث تسجل هذه النهايات العصبية أي تغيير في حجم الحويصلات الرئوية . ثم ترسل إشارات مثبطة إلي مركز الشهيق عن طريق العصب الحائر . فإذا وصل حجم الهواء الموجود داخل لحويصلات إلي حجم عمق التنفس أو هواء المد (٥٠٠ ملليلتر) تكون الإشارات المثبطة الواصلة إلي مركز الشهيق قد وصلت إلي أقصي مدي لها مما يؤدي إلي تمام إبطال عمل مركز الشهيق . حيث ينبه ـ نتيجة لذلك ـ مركز الزفير فيبدأ خروج الهواء من الحويصلات الرئوية . غير أن الإشارات المثبطة والواردة إلي مركز الشهيق عن طريق العصب الحائر تقل أثناء إنكماش الحويصلات الرئوية (أثناء الزفير) فإذا خرج حجم من الهواء مساويا لحجم هواء لمد (عمق التنفس) تنتهي تأثير الإشارات العصبية المثبطة لمركز الشهيق الذي يبدأ تنبيهه مرة أخري . وتبدأ منه دورة تنفسية أخري .

٣) <u>قشرة المخ</u> : ولو أن التنفس عملية لا إرادية إلا أن العضلات التي تقوم بالتنفس هي في الحقيقة من النوع الإرادي . لذا يستطيع المرء ـ مثلا ـ أن يؤثر علي تنفسه لفترة معينة (أي يستطيع أن يوقف تنفسه لفترة معينة) فتتراكم أثناء تلك الفترة كميات متزايدة من ثاني أكسيد الكربون في الدم حتي تصل إلي المستوي الذي يمكنه تنبيه مركز التنفس (الشهيق) فيبدأ التنفس إجباريا دون إرادة الإنسان نفسه . كذلك يستطيع الإنسان أن يزيد من سرعة وعمق تنفسه لفترة من الوقت يطرد أثناءها كميات زائدة من ثاني أكسيد الكربون من الدم وهو المنبه الأساسي والطبيعي لمراكز التنفس . فإذا قل تركيز هذا الغاز في الدم عن حد معين فإننا نجد أن التنفس يقف لإعطاء الفرصة لرجوع ثاني أكسيد الكربون إلي تركيزه الأصلي مرة أخري .

٤) <u>الهيبوثالاماس</u> : يؤثر الهيبوثالاماس ـ الذي يعتبر مركز تنظيم الحرارة في الجسم ـ تأثيرا غير مباشر علي سرعة التنفس وعمقه . ويبدو أثره واضحا في الحيوانات التي لا يوجد بجلدها غدد عرقية مثل القطط والكلاب . ولذا تتنفس تلك الحيوانات ـ في الجو الحار ـ تنفسا سطحيا لتبخير سائل من الجهاز التنفسي للمساعدة علي فقد كمية من الحرارة المكتسبة . ويحدث ذلك كنتيجة لقيام الهيبوثالاماس بتنبيه المركز المنظم للتنفس . فيزيد من سرعته . كما يؤثر الهيبوثالاماس علي التنفس أثناء الإنفعالات النفسية .

٥) <u>الأفعال الإنعكاسية</u> : التي تنحصر فيما يلي :

١) الأفعال المنعكسة الناتجة من الجهاز الهضمي حيث يتوقف التنفس أثناء البلع .

٢) الأفعال المنعكسة من الجهاز التنفسي حيث يتوقف التنفس أثناء الكحة والعطس .

٣) الأفعال المنعكسة من الجهاز الدوري : حيث تقل سرعة التنفس نتيجة لإرتفاع ضغط الدم الشرياني . بينما تزيد نتيجة لإرتفاع ضغط الدم الوريدي .

٤) الأفعال المنعكسة من الجهاز العصبي تعتبر الإشارات المثبطة الصادرة من النهايات العصبية والمنتقلة عن طريق العصب الحائر إلي مركز الشهيق أهم الأفعال المنعكسة من الجهاز العصبي

٦) العوامل الكيميائية : وتشمل زيادة ثاني أكسيد الكربون في الدم الشرياني وإرتفاع حموضة الدم .ويزيد هذان العاملان من سرعة وعمق التنفس . إما بطريقة مباشرة من خلال تاثيرهما علي خلايا مراكز التنفس . أو نتيجة لفعل منعكس من الخلايا الكيميائية الحساسة الموجودة في الجسم السباتي والأورطي . كما يشمل نقص نسبة الأكسوجين في الدم وهو أضعف من تأثير زيادة نسبة ثاني أكسيدالكربون . ويؤثر نقص نسبة الأكسوجين عن طريق النهايات الكيميائية الحساسة بالجسم السباتي والأورطي بينما تأثيره علي مركز التنفس لا يذكر .

٧) درجة حرارة الجسم : تزداد سرعة التنفس بإرتفاع درجة حرارة الجسم لتوفير الأكسوجين اللازم لعمليات التمثيل الغذائي في الأنسجة التي تصاحب عادة إرتفاع درجة حرارة الجسم .

حالات نقص الأكسوجين Anoxia

يطلق علي حالات نقص الأكسوجين لفظ الـ (لاأكسوجين) وتشمل جميع الحالات التي لا تستطيع فيها الأنسجة الحصول علي إحتياجاتها من الأكسوجين عن طريق الدم .

ولحالات نقص الأكسوجين صور عدة نذكر منها :

١) نقص الأكسوجين الناتج عن إنخفاض ضغط الأكسوجين في الدم الشرياني Anoxic anoxia :

والتي تحدث نتيجة الأسباب الآتية :

١) الصعود إلي المرتفعات حيث ينخفض الضغط الجوي ويقل الأكسوجين في هواء التنفس ويقل بالتالي ضغطه في الدم الشرياني .

٢) الحالات التي يصحبها التنفس السريع العميق .

٣) أمراض الرئة .كما يحدث في الإلتهابات الرئوية حيث تمتلئ الحويصلات الرئوية بالإفرازات أو حالات الأوديما الرئوية . حيث تتكون طبقة سائلة تفصل بين الدم والهواء الحويصلي .

٤) وجود ثقب الحاجز بين البطين الأيمن والأيسر يسمح بمرور الدم الوريدي من البطين الأيمن إلي الدم الشرياني في البطين الأيسر . وبذا يصبح الدم الواصل إلي الأنسجة خليطا بين الدم الشرياني والدم الوريدي .

٢) نقص الأكسوجين الناتج عن فقر الدم Anemic anoxa :

ويكون ضغط الأكسوجين في هواء التنفس في هذه الحالة طبيعي . إلا أن نقصه هنا ناتج عن ضعف مقدرة الدم علي حمل الأكسوجين (لإنخفاض نسبة الهيموجلوبين) . وعلي ذلك - فعلي الرغم من كون ضغط الأكسوجين في الدم طبيعيا . إلا أن إحتواؤه الأكسوجيني يكون منخفضا أو أقل من الطبيعي . ويحدث هذا النوع من النقص الأكسوجيني في الحالات الآتية

١) الإصابة بالأنيميا علي إختلاف أنواعها .

٢) حالات التسمم بغاز أول أكسيد الكربون (يوجد بنسبة عالية في البوتاجاز) . وتبلغ قابلية الهيموجلوبين لإتحاد بأول أكسيد الكربون حوالي ٢١٠ مرة أكثر من قابليته للإتحاد بالأكسوجين . فإذا إحتوي الهواء الجوي علي جزء واحد من أول أكسيد الكربون و ٢١٠ جزئ من الأكسوجين فإننا نجد أن نصف الهيموجلوبين تتحد مع الأكسوجين بينما يتحد النصف الآخر بأول أكسيد الكربون . فضلا عن أن وجود أول أكسيد الكربون متحدا مع الهيموجلوبين يجعل الجزء من الهيموجلوبين المتحد مع الأكسوجين أكثر شدة في إتحاده بحيث لا يعطيه للأنسجة .

٣) حالات التسمم بالسلفا والكلورات حيث تكون هذه المركبات مع الهيموجلوبين مركبا يمنعه من الإتحاد بالأكسوجين .

٣) نقص الأكسوجين الركودي Stagnant anoxia :

يحدث نتيجة نقص كمية الدم بالأنسجة أو نتيجة لبطء الدورة الدموية فيمكث الدم مدة أطول في الأنسجة ويكون ضغط الأكسوجين والإحتواء الأكسوجيني في الدم الشرياني طبيعيا . أما

في الدم الوريدي فيقل الضغط والإحتواء الأكسوجيني بدرجة كبيرة . ويحدث هذا النوع من النقص في الإمداد الأكسوجيني إما نتيجة لإنخفاض الضغط الشرياني أو لإرتفاع الضغط الوريدي في حالات هبوط القلب كما ينتج نتيجة لإنقباض الأوعية الدموية أثناء التعرض للبرد حيث تقل كمية الأكسوجين المارة بالأنسجة والجلد .

٤) نقص الأكسوجين التسممي Histotoxic anoxia :

ينتقل الأكسوجين من الدم إلي الأنسجة عن طريق السيتوكروم الذي يتأكسد بعد إنفصال الأكسوجين من الأكسي هيموجلوبين . ويختزل السيتوكروم المؤكسد في الأنسجة إلي سيتوكروم مختزل يقوم بنقل الأكسوجين إلي الدم مرة أخري .

وتمنع بعض المركبات مثل الكحول والسيانور إتحاد السيتوكروم مع الأكسوجين . فيحدث في الأنسجة حالة من نقص الأكسوجين بينما هو متوفر في الدم . ويكون ضغط الأكسوجين والإحتواء الأكسوجيني في الدم الشرياني طبيعيين ويكونان في الدم الوريدي مساويان للدم الشرياني . أما نقص الأكسوجين في الأنسجة فيكون حادا جدا .

بعض الإصطلاحات الخاصة بالتنفس :

تستعمل الأوساط العلمية والطبية إصطلاحات خاصة دالة علي حالات التنفس من يسر أو عسر أو سرعة ... وغيرها والتري قد يصادفها القارئ لبعض المراجع العلمية . لذا نري من الواجب التنويه عليها لتكون عونا للقارئ في الفهم :

١) سهولة أو يسر التنفس Eupnea

٢) ضيق أو عسر التنفس Dyspnea

٣) سرعة التنفس Hyperpnea

٤) اللهث Polypnea

٥) توقف التنفس Apnea

تنظيم درجة حرارة الجسم

Regulation of body temperature

تنقسم الحيوانات الفقارية من حيث علاقة درجة حرارة جسمها بدرجة حرارة البيئة التي تعيش فيها إلي قسمين رئيسيين هما :

١) **الحيوانات ذات الدم البارد (poikilothers) :**

وهي الحيوانات التي يتغير درجة حرارة أجسامها بتغير درجة حرارة البيئة الخارجية . ولا تحتفظ بدرجة حرارة أجسامها منفصلة عن درجة حرارة البيئة المحيطة بها بل تنخفض درجة حرارة أجسامها بإنخفاض درجة حرارة البيئة التي تعيش فيها والعكس صحيح . وترتبط درجة نشاط مثل هذه الحيوانات بدرجة حرارة البيئة الخارجية . وتتغلب هذه الحيوانات علي الإرتفاع أوالإنخفاض الشديدين في درجة حرارة البيئة بعدة وسائل منها الدخول في بيات شتوي في الشتاء البارد . أو تدفن نفسها في الطين في الجو الحار لتحتفظ بالرطوبة .

٢) **الحيوانات ذات الدم الحار Homeotherms :**

وهي الحيوانات التي تكون درجة حرارة أجسامها مستقلة عن درجة حرارة البيئة الخارجية . فلا تتغير بتغيرها . وتقع الثدييات والطيور تحت هذا القسم . إلا أنه في بعض الثدييات تكون درجة حرارتها ثابتة عند حدود معينة من درجة حرارة البيئة المحيطة . وتدخل مثل هذه الحيوانات في بيات شتوي عندما تصبح غير قادرة علي مقاومة شدة الإنخفاض في درجة الحرارة .

وللحيوانات ذات الدم الحار جهاز متطور لتنظيم درجة حرارة أجسامها يمكنها من الإحتفاظ بثبات درجة حرارتها . فلا تتغير بتغير درجة حرارة الوسط المحيط . ولا يتوقف النشاط الحيوي لمثل هذه الحيوانات علي الظروف الطبيعية للبيئة بل أن لها القدرة علي القيام بنشاطها الحيوي العادي في مدي واسع من درجات الحرارة الخارجية .

وتعتبر الحيوانات ذات الدم الحار حديثة التطور . وتملك آكلات اللحوم جهاز تنظيم حراري ذو كفاءة عالية بالمقارنه بآكلات العشب . وقد يرجع ذلك إلي إحتمال عدم قدرة آكلات العشب (عدا الحصان) علي تحريك الماء المخزون والإستعانة بتبخيره لحفظ درجة حرارة أجسامها ثابتة بل أنها تعتمد علي الإشعاع والتوصيل الحراري في الحالات التي تقتضي زيادة معدل الفقد الحراري .

درجة حرارة الجسم الداخلية ودرجة حرارة السطح Core and surface temperature :

يشار إلي درجة حرارة الجسم الداخلية بدرجة حرارة اللب Core temperature وتتميز بدرجة عالية من الثبات في حدود تغير في درجة حرارة البيئة لا يتعدي ± درجة واحدة فهرنهيتية . وعليه فيمكن للفرد العادي أن يتعرض لدرجة حررة منخفضة قد تصل إلي٥٥°ف أو درجة حرارة عالية حتي ١٤٠ °ف في الهواء الجاف دون حدوث تغير يذكر في درجة حرارة الجسم الداخلية .

وعند الحديث عن تنظيم درجة حرارة الجسم فالمقصود به هو تنظيم درجة حرارة اللب وليست درجة حرارة الجلد أو درجة حرارة الأنسجة التي تقع تحته مباشرة وهي ما أتفق علي تسميتها بدرجة حرارة سطح الجسم . فدرجة حرارة السطح - علي النقيض من درجة حرارة اللب - يعتريها الإرتفاع أو الإنخفاض عند كل إرتفاع أو إنخفاض في درجة حرارة الوسط . إلا أن لحرارة سطح الجسم أهمية خاصة عند الإشارة إلي كفاءة الجلد لفقد الحرارة الزائدة عن حاجة الجسم .

جهاز العزل الحراري في الجسم The Insolation system of the body :

يعتبر الجلد والأنسجة الموجودة تحته وكذا الدهن الموجود في تلك الأنسجة عوازل حرارية طبيعية للجسم . ويبلغ مقدار العزل الحراري لجسم الرجل ٧٥٪ درجة العزل للملابس العادية في حالة إنعدام تدفق الدم إلي سطح الجسم من المناطق الداخلية . وتتمتع الأنثي بدرجة عزل أعلي من الذكر . كما تختلف درجة العزل هذه من فرد إلي آخر . حيث تعتمد علي كمية الموجود لديه من الأنسجة الدهنية . ويعتبر الشعر والصوف والريش تراكيب عازلة تسبب زيادة كفاءة الجلد كجهاز عزل حراري . وتعتبر درجة العزل للأنسجة الموجودة تحت الجلد من أكفأ الوسائل للإحتفاظ بدرجة حرارة الجسم الداخلية ثابتة . خصوصا وأن معظم الإنتاج الحراري يتم في الطبقات الداخلية من الجسم . كما تحدث معظم التغيرات الحرارية في الطبقة السطحية أي في طبقات الجلد الخارجية . وعليه فتعتبر هذه الطبقة (الأنسجة العازلة تحت الجلد مباشرة) عازلة من تسرب الحرارة الداخلية للجسم أو الخارجية للوسط المحيط بالحيوان .

درجة حرارة الجسم الطبيعية Normal body Temperature :

لا توجد درجة حرارة محددة يمكن الإشارة بأنها درجة الحرارة الطبيعية لأي فرد من أي جنس حيواني .فتتراوح درجة الحرارة (درجة حرارة المستقيم) في الإنسان - مثلا - بين ٩٧: ٩٩ ° ف أو ٣٦٫١ :٣٧٫٢ ° م وتزيد بمقدار ١ ° ف أو ٠٫٦ ° م عند قياسها من الفم . وتتغير درجة حرارة الجسم إلي حد ما بالنشاط العضلي والتغير الشديد في درجة حرارة الوسط المحيط . وذلك لعدم

تمتع جهاز التنظيم الحرارة بدرجة ١٠٠٪ من الكفاءة . فعند زيادة كمية الحرارة الناتجة بالجسم كنتيجة لزيادة المجهور العضلي مثلا ترتفع درجة حرارة المستقيم إلي ١٠١ :١٠٤ ° ف (٣٨٫٣ : ٤٠ ° م). وعند تعرض الجسم لدرجات حرارة منخفضة تنخفض درجة حرارة المستقم إلي أدني من ٩٨ ° ف أو ٣٦٫٦ ° م

ويمثل الجدول التالي درجات حرارة أجسام بعض الحيوانات الزراعية مقاسة من المستقيم .

النـــوع	الدرجة الفهرنهيتية	المتوسط	الدرجة المئويـــة	المتوسط
ذكر الحصان	٩٩٫٠ : ١٠٠٫٦	٩٩٫٧	٣٧٫٢ : ٣٨٫١	٣٧٫٦
أنثي الحصان	٩٩٫١ : ١٠٠٫٨	١٠٠٫٠	٣٧٫٣ : ٣٨٫٢	٣٨٫٨
أبقار اللحم	٩٨٫٠ : ١٠٢٫٤	١٠١٫٠	٣٦٫٧ : ٣٩٫١	٣٨٫٣
أبقار اللـبن	١٠٠٫٤ : ١٠٢٫٨	١٠١٫٥	٣٨٫٠ : ٣٩٫٣	٣٨٫٦
الأغنـــام	١٠٠٫٩ : ١٠٣٫٨	١٠٢٫٣	٣٨٫٣ : ٣٩٫٩	٣٩٫١
الماعـــز	١٠١٫٧ : ١٠٥٫٣	١٠٣٫٨	٣٨٫٧ : ٤٠٫٧	٣٩٫٩
الخنـــزير	١٠١٫٦ : ١٠٣٫٦	١٠٢٫٥	٣٨٫٧ : ٣٩٫٨	٣٩٫٢
الأرانـــب	١٠١٫٥ : ١٠٤٫٢	١٠٣٫١	٣٨٫٦ : ٤٠٫١	٣٩٫٥
الدجـــاج	١٠٥٫٠ : ١٠٩٫٤	١٠٧٫١	٤٠٫٦ : ٤٣٫٠	٤١٫٧
الجمـــل	٩٨٫٠ : ١٠١٫٠	٩٩٫٥	٣٦٫٦ : ٣٨٫٣	٣٧٫٥
الكلـــب	١٠٠٫٢ : ١٠٣٫٨	١٠٢٫٠	٣٧٫٩ : ٣٩٫٩	٣٨٫٩
القـــط	١٠٠٫٥ : ١٠٢٫٥	١٠١٫٥	٣٨٫١ : ٣٩٫٢	٣٨٫٦

إن متوسط درجة الحرارة في الطيور بصفة عامة أعلي منهه في الثدييات حيث تتراوح هذه الدرجة ما بين ١٠٥ : ١١١° ف أي ٤٠ : ٤٣° م . ويتوقف ذلك علي نوع وجنس الطائر وسلالته . والجدول التالي يبين درجة حرارة الجسم للأنواع الزراعية من الطيور مقاسة عن طريق المجمع . لذا نعبر عنها بدرجة حرارة المجمع .

النوع والجنس	° ف	° م	النوع والجنس	° ف	° م
لجهورن أبيض	١٠٦٫٠	٤١٫٣٧	رومي	١٠٥٫٤	٤٠٫٩٧
رود أيلانـــد	١٠٦٫٥	٤١٫٤٠	بط	١٠٦٫٠	٤١٫١٠
إسترالـــورب	١٠٦٫٢	٤١٫٤٦	أوز	١٠٥٫٠٨	٤٠٫٦٠
			حمام	١٠٥٫٠٨	٤٠٫٦٠

ويمكن إتخاذ الحدود الحرارية المذكورة في هذه الجداول علي أساس أنها درجات الحرارة القياسية . إلا أنه قد يعتريها بعض التغيرات نتيجة لبعض المؤثرات والتي ينكم إيجازها فيما يلي :

العوامل المؤثرة علي درجة حرارة الجسم :

١) العمر : غالبا ما تزيد درجة حرارة أجسام الحيوانات الصغيرة بمقدار ٥, :١° م عنه خلال الفترة الأولي من الحياة وتقل بنفس النسبة في الحيوانات الكبيرة .

وتكون درجة حرارة جسم الكتكوت حديث الفقس (عمر يوم) أقل بمقدار ٣° ف عن الدجاج البالغ وتصل درجة الحرارة إلي المتوسط الطبيعي بعد ١٠ أيام من الفقس .

٢) الغذاء : ترتفع درجة حرارة الجسم بمقدار ٢, : ٨,° م أثناء الهضم .

٣) الشرب : يسبب شرب ماء يتراوح درارته ما بين ٨ : ١٢° م إلي خفض درجة حرارة الجسم بمقدار ٣, : ٥,° م .

٤) النشاط العضلي : يختلف تأثير النشاط العضلي علي درجو حرارة الجسم بإختلاف نوع الحيوان ودرجة النشاط . فيرفع العمل العادي درجة حرارة الجسم بمقدار ٩ر١ ° م غير أن الفقد نتيجة التبخير في الحمار قد يخفض معدل الإرتفاع إلي ٢ر١ ° م .

٥) تأثير درجة الحرارة الجوية : يؤدي التعرض إلي درجة حرارة عالية إلي إرتفاع درجة حرارة الجسم بمقدار ٤ر : ٢ر١° م . ويؤدي تعرض الحيانات للبرد إلي نتائج عكسية ولكن بمعدل أقل

٦) تأثير النزيف : يخفض النزيف درجو حرارة الجسم بمعدل ١ر° م لكل ٥ : ٦ أرطال من الدم المفقود في النزيف .

٧) الوقت من اليوم : تلاحظ النهاية العظمي لدرجة حرارة أجسام الحيوانات عادة في المساء بينما تصل درجة الحرارة إلي نهايتها الصغري في الصباح ويتراوح الفرق بين النهايتين ١ر : ١° م . وتصل درجة حرارة أجسام الدجاج إلي أقل متوسط لها عند الساعة الثانية عشر من منتصف الليل حيث تصل إلي ٥ر١٠٤° ف بينما تصل إلي أقصي متوسط لها عند الساعة الخامسة بعد الظهر حيث تبلغ في المتوسط ٩ر١٠٦° ف .

تدفق الدم إلي الجلد وإنتقال الحرارة من داخل الجسم إلي السطح :

تتخلل الأوعية الدموية الأنسجة الدهنية العازلة تحت الجلد . وتنتشر بغزارة في حلماته . وتوجد الضفيرة الوريدية تحت الجلد مباشرة والتي يستمر تدفق الدم إليها من داخل الجسم .

ويتم الإمداد الدموي لمعظم الأجزاء الخارجية من الجسم والمعرضة للظروف البيئية المختلفة مثل الأرجل والأقدام والأذن عن طريق مباشر بواسطة الدورة الجهازية من الشرايين إلي الأوردة . ويختلف معدل التدفق الدموي لهذه الضفيرة الوريدية من صفر : ٣٠٪ من مقدار الدفع القلبي . ويسبب إرتفاع معدل تدفق الدم إلي إرتفاع كفاءة التوصيل الحراري من أجزاء الجسم الداخلية إلي الجلد . بينما يؤدي إنخفاض هذا المعدل إلي إنخفاض هذه الكفاءة . من ذلك نلاحظ أن الجلد يعتبر من أكفأ أجهزة التبريد في الجسم . ويعتبر تدفق الدم إليه من أكفأ سبل إنتقال الحرارة من أجزاء الجسم الداخلية إلي سطح الجلد . فإذا إنخفض معدل تدفق الدم من الأعضاء الداخلية إلي الجلد فإن الإنتشار الحراري خلال الأنسجة العازلة للجلد والمناطق تحته تعتبر الطريق الوحيد لفقد الحرارة الناتجة داخليا . وتعتبر هذه الطريقة من الإنتقال الحراري غير كافية لتحقيق كمية الفقد الحراري اللازم في الأجواء الحارة أو الدافئة . كما لا تعتبر ذات كفاءة محسوسة في حالات إرتفاع معدل الإنتاج الحراري نتيجة لزيادة النشاط العضلي . ويتم التحكم في كمية التوصيل الحراري للجلد عن طريق الدم بتحديد درجة إنقباض الشريانيات والإتصالات الشريانية الوريدية . والتي تمد الضفيرة الوريدية للجلد بالدم . ويتم التحكم في درجة إنقباض هذه الأوعية بواسطة الجهاز العصبي السمبثاوي كنتيجة للتغيرات الحادثة في درجة حرارة الوسط المحيط وهو ما سنتناولة فيما بعد .

التوازن بين درجة الحرارة الناتجة والحرارة المفقودة

تنتج الحرارة في الجسم بإستمرار كناتج عرضي لمختلف عمليات التمثيل الغذائي . كما يستمر الفقد الحراري من الجسم . ويحدث الإتزان الحراري للجسم عندما يتساوي معدل الإنتاج الحراري مع مقدار الحرارة المفقودة . ولكن عندما يختلف المعدلين عن بعضهما فإن درجة حرارة الجسم سوف تتغير بالزيادة أو بالنقصان تبعا للمعادلات الأتية :

١) الحرارة الناتجة = الحرارة المفقودة (إتزان حراري)

٢) الحرارة الناتجة ≠ الحرارة المفقودة (فقد الإتزان الحراري)

الحرارة الناتجة < الحرارة المفقودة (ترتفع درجة حرارة الجسم)

الحرارة الناتجة > الحرارة المفقودة (تنخفض درجة حرارة الجسم)

ولا تستمر حالات عدم الإتزان كثيرا بل سرعان ما تعمل مراكز معينة في الجسم علي إعادة الإتزان الحراري عن طريق تعديل كمية الناتج من الطاقة والمفقود منها بطريقة تجعل كمية الحرارة الناتجة مساويا لكمية الحرارة المفقودة أو إنعدام الفرق بينهما أي أن :

الحرارة الناتجة - الحرارة المفقودة = صفرا

وهي حالة الإتزان الحراري أو ثبات درجة حرارة الجسم التي نلاحظها في الحيوانات ذات الدم الحار.

وسنتناول فيما يلي عوامل أو سبل الإنتاج الحراري وطرق الفقد الحراري بالجسم واللذان يعتبران جناحي الإتزان الحراري بالجسم .

أولا : عوامل الإنتاج الحراري

تعتبر العوامل الآتية من أهم العوامل التي تلعب دورا كبيرا في زيادة معدل الإنتاج الحراري في الجسم :

١) معدل التمثيل الغذائي القاعدي لجميع خلايا الجسم .
٢) معدل التمثيل الغذائي الناتج عن زيادة النشاط العضلي .
٣) معدل التمثيل الغذائي الناتج عن تأثير هرمونات الدرقية .
٤) معدل التمثيل الغذائي الناتج عن تأثير النورإبينفرين والتنبيه العصبي السمبثاوي في الخلايا .
٥) معدل التمثيل الغذائي الناتج عن إرتفاع درجة حرارة الجسم .

وعليه فتساوي كمية الحرارة الكلية الناتجة مجموع كميات الحرارة الناتجة عن كل عامل من العوامل السابقة الذكر . وسنتناول فيما يلي شرحا مختصرا لتأثير هذه العوامل المحدثة للإنتاج الحراري :

أولا : معدل التمثيل الغذائي Metabolic rate :

يعني التمثيل الغذائي ببساطة جميع التفاعلات الكيميائية في جميع خلايا الجسم . ويقاس معدل التمثيل الغذائي عادة بمعدل الحرارة الناتجة من التفاعلات الكيميائية . ويختص الجزء الأكبر من التفاعلات الكيميائية في الخلية بجعل الطاقة الموجودة في الغذاء في صورة صالحة لجميع الأجهزة الفسيولوجية في الخلية . ويمكن أكسدة كل المواد الغذائية المولدة للطاقة مثل الكربوهيدرات والدهون والبروتينات بواسطة أكسوجين الخلية مما ينتج عنه إنطلاق كمية كبيرة من الطاقة . وتسمي كمية الطاقة المنطلقة نتيجة للأكسدة الكاملة للغذاء بالطاقة الحرارية للغذاء والتي تقدر عادة بوحدة قياسية هي الكالوري لكل مول من المادة الغذائية . فكمية الطاقة الحرة الناتجة من أكسدة مول واحد من الجلوكوز (١٨٠ جرام) تقدر بحوالي ٦٨٦٠٠٠ كالوري .

وتعرف كمية الحرارة الناتجة لحيوان مستريح وموجود تحت ظروف بيئية حرارية طبيعية وفي حالة صيام أو بعد تمام عملية الهضم والإمتصاص . أي عند إختفاء التأثير التنبيهي للغذاء بمعدل التمثيل الغذائي القاعدي .ويصل الإنسان أو الحيوان آكل اللحوم إلي هذه الحالة بعد مضي ١٢ : ١٨ ساعة من تناول آخر وجبة . وتطول هذه المدة في آكلات العشب بسبب كبر كمية الطعام في القناة الهضمية . ويصل الدجاج إلي هذه الحالة بعد مضي ٢٤ : ٣٠ ساعة من آخر وجبة .

العوامل المؤثرة علي معدل التمثيل الغذائي القاعدي :

١) **وزن الجسم والسطح النسبي له** Body weight and proportional surface area :
لقد أصبح من المعروف الآن أن معدل التمثيل الغذائي للوحدة من وزن الجسم في الحيوانات الصغيرة أكبر منه في الحيوانات الكبيرة . وقد يرجع ذلك إلي إرتفاع المسطح النسبي لجسم الحيوانات الصغيرة بالمقارنة بالحيوانات الكبيرة .

٢) **النمو** Growth : يرتفع معدل التمثيل الغذائي القاعدي في الحيوانات الصغيرة نتيجة لإنطلاق الطاقة أثناء عمليات النمو والتخزين . وعليه فتزظيد كمية الحرارة القاعدية لكل وحدة من مساحة الجسم بإرتفاع معدل النمو حتي وزن معين (أو عمر معين) بعده تصبح ثابتة .

٣) **الإختلاف الراجع للجنس** Difference due to sex : تتميز الذكور بإرتفاع كمية الحرارة التمثيلية الناتجة إذا ما قورنت بالإناث . وقد يرجع ذلك إلي زيادة وزن الذكور عن الإناث .

٤) **كمية الغذاء المستهلك** Feed consumption : تنخفض كمية الحرارة الناتجة عند التغذية علي علائق منخفضة الطاقة . وتقدركمية الحرارة الناتجة من العجول التي تستهلك في رضاعتها ٢ر٢ ، ٤ر٨ ، ٥ر٦ لترا من اللبن بحوالي ١٣٠٠ ، ١٦٠٠ ، ١٩٠٠ كالوري / متر مربع من سطح الجسم يوميا علي التوالي .

٥) **درجة الحرارة البيئية** Environmental temperature : تؤثر عملية الأقلمة علي أي من الأجواء الحارة أو الباردة علي معدل التمثيل الغذائي القاعدي . حيث تنخفض كمية الحرارة القاعدية الناتجة في الأجواء الحارة وذلك إذا لم يرتفع درجة حرارة الجسم بطريقة ملموسة عند زيادة التفاعلات البيوكيميائية نتيجة لإرتفاع درجة الحرارة .

٦) **الفعل الديناميكي النوعي للغذاء** Specific dynamic action of food : من المعروف أن هناك زيادة في كمية الحرارة الناتجة بعد تناول الغذاء مباشرة وهي ما تعرف بالفعل الديناميكي

النوعي للغذاء . ويحدث هذا الفعل الديناميكي النوعي نتيجة للتأثير التنبيهي للبروتين بصفة خاصة بالإضافة إلي التأثيرات الأقل أثرا للدهون والكربوهيدرات . ولا يقتصر الفعل الديناميكي النوعي علي أي مكون من مكونات العليقة بل يشمل الفعل الديناميكي الحراري لمجموع مكونات العليقة والذي قد يختلف في مجموعه عن مجموعة التأثيرات المنفصلة لكل مكون من مكوناتها منفردا . ويستهلك جزء كبير من الحرارة الناتجة عن الفعل الديناميكي النوعي للغذاء في نواحي كثيرة في الجسم مثل المحافظة علي درجة الحرارة في الأجواء الباردة أو للمساعدة علي النشاط العضلي . غير أنه من غير المعروف علي وجه اليقين السبب الحقيقي لظهور التأثير الحراري للغذاء . إلا أن الحركة الدودية للأمعاء وعمليات الإفراز الغدي والهضم والإمتصاص ثم إخراج نواتج عمليات التمثيل الغذائي تعتبر من أهم العوامل في هذا الشأن . وتسهم نزع مجموعة الأمين من الأحماض الأمينية إسهاما فعالا في إظهار الفعل الديناميكي النوعي للبروتين . غير أنه قد يرجع مدي الإختلاف في التأثير الديناميكي النوعي للأحماض الأمينية المختلفة إلي إختلاف طريقة حدوث نزع مجموعة الأمين منها . فيؤدي نزع مجموعة الأمين بالأكسدة إلي زيادة كبيرة في درجة الحرارة النوعية للغذاء . بينما يكون لنقل مجموعة الأمين عن طريق نقل مجموعة الأمين (إنزيمات الترانس أميناز) تأثير أقل. وتعتبر التغيرات التمثيلية التي تحدث في الأحماض الأمينية قبل دخولها إلي دورة حمض ثلاثي الكربوكسيل (Tricarboxylic acid cycle) من العوامل التي تساهم إلي حد كبير في إظهار الفعل الديناميكي النوعي للأحماض الأمينية .

ويمكن للكربوهيدرات والدهون أن تزيد مقدار الطاقة الناتجة وذلك تبعا لقانون تزايد الكتلة وتؤدي زيادة تركيزات تلك المواد في البيئة الداخلية إلي زيادة درجة الإستفادة بها .

ثانيا : النشاط العضلي Muscular activity كمصدر للإنتاج الحراري :

يسبب النشاط العضلي زيادة معدل إستهلاك الأكسوجين وبالتالي زيادة معدل الإنتاج الحراري عن طريق زيادة معدلات التمثيل الغذائي . وتظهر كل تغيرات الزيادة في الطاقة علي هيئة حرارة إذا لم يصحب النشاط العضلي أي عمل ميكانيكي . بينما في حالة ما إذا كان النشاط العضلي مصحوبا بإداء ميكانيكي فيظهر جزء من الطاقة الناتجة عن النشاط العضلي علي هيئة حرارة . فيستهلك الحيوان الواقف كمية من الطاقة أكبر من الحيوان الراقد وذلك لزيادة

المجهود اللازم للوقوف ويختلف الوضع في الخيول حيث لم يلاحظ أي إختلاف في معدل التمثيل الغذائي فيها بين الوقوف والرقاد . وقد يعزي ذلك إلي التركيب التشريحي المميز لعضلاتها وأوتارها ومفاصلها . فالإتصال في الأطراف قوية بطريقة تجعلها تستطيع الوقوف دون زيادة في كمية الحرارة الناتجة .

ويساعد النشاط العضلي . بطريقة لا إرادية . في الأجواء الباردة علي الحفاظ علي درجة حرارة الجسم عن طريق زيادة الحرارة الناتجة . وهو ما نلاحظة من حدوث الرعشة في مثل هذه الحالة أما في الأجواء الدافئة حيث يكتسب الجسم جزء من الحرارة عن طريق البيئة فإن النشاط العضلي يسبب مشكلة جوهرية في الإنزان الحراري .

ويعتبر التأثير الديناميكي (الحركي) من العوامل المهمة لإحداث الزيادة في كمية الحرارة في حيوانات المراعي لإرتباطه بالسلالة والنوع وكثافة المرعي ودرجة حرارة الهواء والحرارة الشمسية

ثالثا : التأثيرات الهرمونية علي معدلات الإنتاج الحراري :

١) هرمونات الدرقية : حينما يصل إفراز هرمونات الدرقية إلي أقصي معدل لها يرتفع معدل التمثيل الغذائي حتي أنه قد يصل في بعض الأحيان إلي ١٠٠ ٪ زيادة عن المعدل الطبيعي . أما إذا إنخفض معدل إفراز تلك الهرمونات بشكل كبير فإن ذلك يؤدي إلي إنخفاض معدل التمثيل الغذائي بمقدار ٥٠ : ٦٠٪ عن المعدل الطبيعي . وترجع تأثيرات هرمونات الدرقية في هذا الصدد إلي زيادة معظم التفاعلات الكيميائية لخلايا الجسم وخاصة تفاعلات الأكسدة التي ينفرد عنها طاقة حرارية .

٢) الهرمونات الجنسية : يمكن للهرمونات الجنسية الذكرية أن ترفع معدل التمثيل الغذائي القاعدي بمقدار قد يصل إلي ١٠ : ٢٠٪ . أما الهرمونات الجنسية الأنثوية فإنها ترفع هذا المعدل بدرجات أقل . إلا أن هذه الزيادة تعتبر غير معنوية بدرجة كبيرة . وقد ترجع الإختلافات بين معدل التمثيل الغذائي بين الذكر والأنثي إلي التأثيرات المختلفة للهرمونات الجنسية لكل منهما .

٣) هرمون النمو : يمكن لهرمون النمو أن يرفع معدل التمثيلالغذائي بمقدار ١٥ : ٢٠٪ نتيجة للتنبيه المباشر للتمثيل الخلوي .

رابعا : التنبيه السمبثاوي Sympathatic stimulation :

يؤدي تنبيه الجهاز السمبثاوي وإفراز هرمون الأدرينالين والنورأدرينالين إلي زيادة معدل التمثيل الغذائي في العديد من أنسجة الجسم . ولهذه الهرمونات تأثير مباشر علي العضلات وخلايا الكبد . فتعمل علي زيادة إنحلال الجليكوجين الكبدي والعضلي . بالإضافة إلي تأثيراتها الخلوية الداخلية حيث تزيد من النشاط الخلوي .

ولعل من أهم تأثيرات التنبيه السمبثاوي هو تأثيرة علي نوع معين من الأنسجة الدهنية التي تعرف بالدهن البني والذي يؤدي إلي زيادة ملحوظة في كمية الإنتاج الحراري . ويحتوي هذا النوع من الأنسجة الدهنية علي أعداد من الميوكوندريا . كما تتميز حبيبات الدهن بصغر حجمها . وتتميز عمليات الأكسدة الفسفورية في هذه الخلايا بكونها غير مزدوجة مما يؤدي إلي إحداث زيادة كبيرة في الطاقة عند تنبيه هذه العمليات بواسطة الأعصاب السمبثاوية . وذلك نتيجة لفعل الميتوكومدريا فيها . ويكثر هذا النوع من الدهن في صغار الحيوانات حيث يؤدي أقصي تنبيه للجهاز السمبثاوي إلي إرتفاع معدل التمثيل الغذائي إلي أكثر من ١٠٠٪ . وتسمي هذه الزيادة في معدل التمثيل الغذائي بالإنتاج الحراري الناتج عن غير الرعشة . وتبدو قيمة هذا التغير غير واضحة في الحيوانات البالغة . ويحتمل أن تصل إلي ١٠ : ١٥٪ . ويزيد هذا النوع من الدهن من درجة التأقلم في الأجواء الباردة.

خامسا : الأمراض التي يكون إرتفاع حرارة الجسم أحد أعراضها (الحميات) :

ترفع الحميات بصفة عامة وبصرف النظر عن مسبباتها من معدل التمثيل الغذائي . حيث يصحبها إرتفاع في درجة حرارة الجسم مما يزيد من سرعة التفاعلات الكيميائية بمقدار ١٠٠٪ في المتوسط لكل ١٠°م إرتفاع في درجة حرارة الجسم . ويعمل جهاز تنظيم الحرارة علي خفض هذا التأثير لحد كبير .

فقد الحرارة من الجسم
Heat Dissipation or Heat Loss

تفقد الحرارة من الجسم تحت التأثير التنظيمي للهيبوثالاماس من خلال تتابع مختلف الأنشطة الفسيولوجية المعنية بهذه العملية . وتتوقف كمية الحرارة المفقودة علي الظروف المناخية وتكوين وتركيب غطاء الجسم ومعدلات النبخير من سطح الجسم .

وتتفاعل العديد من العوامل علي تنظيم معدلات الفقد الحراري من الجسم . وتشمل تلك العوامل علي القوانين الطبيعية للإنتقال الحراري ـ ومواصفات تكوين سطح الجسم وغطائه ـ

والأنشطة الفسيولوجية مثل إنتصاب الشعر (Pilo erection) وتحريك أقطار الأوعية الدموية (vasomotion) المغذية للجلد . والعرق . والتنفس .

ويفقد الجسم جزء من حرارته عندما تكون درجة حرارة البيئة أقل من درجة حرارة الجسم ويتم الفقد عن طريق الإشعاع (Radiation) والتوصيل (Conduction) والحمل (Convection) طبقا لقانون نيوتين للإنتقال الحراري والذي ينص علي :

$$Q = KA(t_1 - t_2)$$

Q = معدل إنتقال الحرارة من سطح الجسم إلي الوسط المحيط بالحيوان .

A = مساحة سطح الجسم K = معامل ثابت

(t_1 and t_2) = درجة حرارة الجسم ودرجة حرارة الوسط علي التوالي .

ويرتبط معدل الفقد أو الإنتقال الحراري إرتباطا موجبا بمساحة سطح الجسم بينما يرتبط إرتباطا سالبا بوزن الجسم . وعليه فإننا نجد أن حيوانات المناطق الحارة تكون صغيرة الحجم حتي يكون لها مسطح جسم كبير بالنسبة لوحدة الوزن من الجسم .

وينطبق هذا القانون علي الأجسام الغيرحية . وعليه فأهميته محدودة بالنسبة للحيوانات التي تستطيع تنظيم معدل الفقد الحراري عن طريق الأنشطة الفسيولوجية التي تؤثر علي درجة حرارة سطح الجسم مثل تحريك أقطار الأوعية الدموية والتبخير الحراري الجسم .

وتفقد الحرارة من الجسم - كما سبق أن ذكرنا - بعدة طرق هي الإشعاع (Radiation) والتوصيل (Conduction) والحمل (Convection) وتبخير الماء (vaporization) خلال الجلد والممرات التنفسية :

١) الإشعاع (Radiation) : ويقصد به الفقد عن طريق أشعة حرارية تحت الحمراء وهو نوع من الموجات الكهرومغناطيسية. ويتراوح طول الموجة الحرارية للحرارة المشعة من الجسم ما بين ٥ : ٢٠ ميكرون وهو ما يقدر بـ ١٠ : ٣٠ مرة طول موجة الأشعة الضوئية . . وتشع الأجسام الغير واقعة عند درجة الصفر المطلق مثل هذه الأشعة .

ويشع جسم الحيوان أشعة حرارية في جميع الإتجاهات كما تشع هذه الأشعة من الحوائط والأجسام الأخري إلي الجسم . فإذا زادت درجة حرارة الجسم عن درجة حرارة الوسط المحيط فإن كمية كبيرة من الحرارة يتم إشعاعها من الجسم وتكون مقدارها أكبر من كمية الأشعة التي يتم إشعاعها إليه . وتتبع كمية الفقد الحراري عن طريق الإشعاع المعادلة الآتية :

$$R = KA(t_1^4 - t_2^4)$$

A = مساحة سطح الجسم الفعال وهو في الإنسان يمثل ٨٥٪ من المساحة السطحية التشريحية .

K = ثابت يتأثر بدرجة قابلية سطح الجسم لإمتصاص أو عكس الحرارة المشعة وتقدر بـ ١٠٠٪ في الأجسام الميتة وتنخفض في الأجسام البيضاء الناعمة بمقدار ٣ : ٧٪

٢) التوصيل Conduction : هو إنتقال الطاقة الحرارية من جزء إلي جزء آخر من أي مادة نتيجة لزيادة حركة جزيئاتها ويرتبط معدل فقد الحرارة بالتوصيل بمساحة السطح المتصل بالجسم البارد مثل الأرض أو حوائط الإسطبل وذلك طبقا للمعادلة التالية :

$$D = KA(t_1 - t_2)$$

ويعتبر الغطاء العازل لجسم الحيوان (الشعر - الصوف - الفرو - الريش) ودهن الجلد من العوامل الهامة المؤثرة علي كمية الفقد الحراري بالتوصيل . وتعتبر كمية الحرارة المفقودة بالتوصيل المباشر من سطح الجسم إلي الأجسام الأخري مثل الحائط قليلة جدا . فتنتقل الحرارة من جسم الحيوان إلي حائط الإسطبل بسرعة عندما يقف الحيوان بجوار هذا الحائط حيث ترتفع درجة حرارة هذا الحائط خلال دقائق قليلة جدا يصبح بعدها هذا الحائط كعازل يمنع أي زيادة في الفقد الحراري .

ويكون الفقد الحراري بالتوصيل إلي الهواء أكثر كفاءة . فيتم الفقد الحراري من جسم الحيوان إلي الهواء المحيط به في حالة إنخفاض درجة حرارة هذا الهواء عن درجة حرارة جسم الحيوان إلي أن تتعادل درجة حرارة الهواء الملاصق مع درجة حرارة جسم الحيوان . عندئذ يقف أو ينخفض معدل الفقد الحراري بهذه الطريقة . وبتحرك الهواء الساخن الملاصق لجسم الحيوان بعيدا عنه ليحل محله هواء بارد جديد يصبح ملاصقا لجسم الحيوان الأمر الذي يؤدي إلي حدوث دورة جديدة من الفقد الحراري عن طريق التوصيل .

٣) الحمل Convection : هو عبارة عن إنتقال الطاقة الحرارية عن طريق دوران المادة الساخنة سواء أكانت غازية أو سائلة والتي يكون كثافتها أقل من المادة الباردة حيث يرتفع الهواء الساخن مثلا إلي أعلي . لذا يستمر الفقد الحراري من الجسم عن طريق الحمل إلي الهواء حتي في حالة عدم حركة الهواء (نتيجة هبوب الرياح) . ويتأثر معدل الفقد الحراري بالحمل بمساحة سطح الجسم وسرعة الهواء طبقا للمعادلة التالية :

$$C = KAV(t_1 - t_2)$$

حيث V = سرعة الهواء التي تتأثر بكثافة الشعر ونوع الصوف أو الريش الذي يغطي جسم الحيوان كما يتأثر بإنتصاب الشعر أو رفرفة الريش .

وحينما يتعرض الجسم للرياح يتم بسرعة إستبدال طبقة الهواء القريبة والمتصلة بالجلد بهواء جديد وبذا يزيد معدل الفقد الحراري بالحمل . ويرتبط التأثير المبرد للرياح عند سرعات منخفضة بالجزر التربيعي لسرعة الرياح حيث يزيد تأثيرها بمعدل مرتين حينما تبلغ سرعة الرياح ٤ ميل/ساعة عنه إذا ما بلغت سرعة الرياح ١ ميل/ساعة .

ويؤثر الجهاز التنفسي في عملية الفقد الحراري عن طريق الحمل بتدفئة هواء الشهيق طبقا للمعادلة التالية حيث (V) = حجم هواء الشهيق في الساعة :

$$C = KV(t_1 - t_2)$$

٤) التبخير Vaporization of water : تنخفض كفاءة فقد الحرارة عن طريق كل من الإشعاع والتوصيل والحمل عند إرتفاع درجة حرارة البيئة . وتصبح عديمة القيمة عند تساوي درجة حرارة الجسم مع درجة حرارة الوسط الخارجي . ويكتسب الحيوان حرارة من الهواء المحيط به عن طريق الحمل والإشعاع والتوصيل بدلا من أن يفقد حرارة عن هذه الوسائل إذا إرتفعت درجة حرارة البيئة عن درجة حرارة الجسم . وعندئذ يصبح تبخير الماء من سطح الجسم (العرق) وعن طريق الممرات التنفسية هو الوسيلة الوحيدة لفقد الحرارة الزائدة . ويبدو أن فقد الحرارة بالتبخير هو أكفأ الوسائل لتبريد الجسم عند إرتفاع درجة الحرارة الجوية .

وتتأثر كمية الحرارة المفقودة بالتبخير بالعديد من العوامل منها مساحة سطح الجسم ونوع وكثافة غطائه وسرعة الهواء ودرجة رطوبته النسبية بالإضافة إلي حجم التنفس/وحدة الزمن طبقا للمعادلة

$$E = KV \frac{(P_1 - P_2)}{(r_1 - r_2)}$$

حيث (P_1 and P_2) ترمز لضغط هواء الزفير وهواء الشهيق علي التوالي و(V) = حجم التنفس .

ويفقد كل جرام من الماء أثناء تبخيره من سطح الجسم حوالي ٥ر كالوري من الحرارة

العوامل المؤثرة علي الفقد الحراري :

تؤثر العديد من العوامل علي مقدار الفقد الحراري بالجسم عن طريق تأثيرها علي كفاءة الفقد الحراري بالطرق السابق ذكرها وهي التوصيل والحمل والإشعاع والتبخير . ويمكن إجمال تلك العوامل فيما يلي :

أولا : **التكوين المورفولوجي للحيوان** Morphological constitution of the animal :

ويشمل المساحة النسبية لجسم الحيوان ونوع وكثافة وتركيب ولون غطاء الجسم .

١) **المساحة النسبية لجسم الحيوان** Body surface area :

يرتبط مقدار الفقد الحراري إرتباطا موجبا بالمساحة النسبية لسطح الحيوان وهي مساحة سطح الوحدة الوزنية من الجسم أي سنتيمتر مربع من المساحة لكل كيلوجرام وزن جسم . وتزيد المساحة النسبية لسطح الحيوانات الصغيرة الوزن عنه في الحيوانات الكبيرة . وهذا يعني إرتفاع كفاءة الفقد الحراري في الحيوانات الصغيرة إذا ما قورنت بالحيوانات الكبيرة . وعليه فقد يضاف مساحة إضافية لسطح الجسم في بعض الحيوانات للتغلب علي صغر سطحها النسبي ولزيادة كفاءة الفقد الحرارة فيها . والتي تشمل اللبب . السنام . السرة . غمد القضيب

٢) **لون وكثافة وتركيب غطاء الجسم** Coat density structure and colour :

يعتبر الغطاء الصوفي الطويل الكثيف عازل جيد للحرارة . كما يكون الهواء المحصور بين الشعر أو الريش منطقة عازلة في حيوانات المناطق الباردة . وعلي النقيض فتتميز حيوانات المناطق الحارة بغطاء جسم مكون من الشعر أو الصوف القصير الغير كثيف . ويخفض الغطاء الكثيف معدل تبخير الماء من سطح الجسم وعليه فيعتبر وسيلة لحفظ الحرارة . ويمتص الشعر أو الصوف الغامق الحرارة بكميات كبيرة عن طريق الإشعاع بينما يعكس الصوف الفاتح اللامع الأشعة الحرارية وبالتالي يقي الحيوانات من إرتفاع حرارة أجسامها نتيجة لإمتصاص الأشعة الحرارية .

ويكون الدهن المفرز من الغدد الدهنية في الجلد غطاء دهنيا علي سطح الجسم مما يزيد من لمعان الشعر أو الصوف أو الجلد ويخفض من أضرار قوة الأشعة الحرارية .

ويختلف تكوين وكثافة ولون غطاء الجسم بإختلاف فصول السنة ويلعب الضوء دورا هاما في إحداث هذا التباين . فيرتبط سقوط الشعر أو الصوف في الحيوانات والقلش في الطيور إرتباطا وثيقا بتنظيم عمليات الفقد الحراري .

ثانيا : **الأنشطة الفسيولوجية والتشريحية** Anatomical and physiological activities :

١) **تحريك الشعر** Pilo - motor :

ينتصب الشعر Hair erection في الأجواء الباردة ليزيد من سمك الغطاء الشعري وبالتالي يزيد سمك الهواء المحصور بينه مما يزيد من قدرة هذا الغطاء علي العزل . وفي هذه الحالة يصبح الفقد في الحرارة عن

طريق الإشعاع والحمل والتوصيل ضئيل . ويتم إنتصاب الشعر نتيجة إنقباض العضلات المحركة له نتيجة لتنبيه الجهاز العصبي السمبثاوي مما يجعل الشعر متعامدا مع سطح الجسم وبالتالي يمكن التخلص من الهـواء الساخن المحصور بينه . ويعمل إنقباض عضلة الشعرة علي شد الجلد المجاور لها إلي الداخل محدثا للجلد مظهرا محدبا . ويقل كفاءة تحريك الشعر عند قصر طوله .

٢) **تحريك الأوعية الدموية vasomotion :**

تنتقل الحرارة من داخل الجسم إلي الجلد عن طريق الدم . وتعتمد كمية الحرارة المنقولة علي كمية الدم المتدفق إلي الجلد من الداخل والذي يتوقف بدورة علي مدي كفاءة الأوعية الدموية بالجلد والدورة الدموية . وتؤثر أقطار الأوعية الدموية في الجلد علي كمية الدم المنقولة إليه . فتنقبض الأوعية الدموية في الأجواء الباردة لخفض معدل تدفق الدم إلي الجلد وبالتالي يقل معدل الفقد الحراري . أما في الأجواء الحارة فتتمدد الأوعية الدموية فيزيد معدل تدفق الدم إلي الجلد فيزيد بذلك من درجة حرارة الجلد وبالتالي يزيد من معدل الفقد الحراري عن طريقه . وتنشيط الأعصاب السمبثاوية إنقباض الأوعية الدموية بالجلدعن طريق المركز القابض للأوعية الدموية بينما يساعد الأدرينالين علي تمدد تلك الأوعية .

ثالثا : تبخير الماء من سطح الجسم :

يتم تبخير الماء من سطح الجسم (الجلد) عند درجة حرارة معينة (٣٠°م أو ٨٤°ف) . ويزيد معدل التبخير بدرجة كبيرة بزيادة درجة الحرارة الجوية . وترتبط الدرجة التي يتم عندها تبخير الماء من مسطح الجسم (الجلد) علي درجة تنشيط الغدد العرقية .ويعتمد كفاءة العرق في الفقد الحراري علي مسطح العرق (Sweating surface) لكل وحدة من مساحة سطح الجلد بالإضافة إلي كفاءة الإمداد الدموي للجلد ونوع الإفراز العرقي . ويحسب مسطح العرق (Sweating surface) بالمعادلة الآتية :

مسطح العرق = عدد الغدد العرقية / سم مربع من مساحة الجلد × سطح الغدة العرقية

ومسطح العرق عالي في ماشية المناطق الإستوائية حيث يحتوي جلدها علي العديد من الغدد العرقية إذا ما قورنت بماشية المناطق المعتدلة . وتكون الغدد العرقية في الفصيلة الخيلية أنبوبية مستقيمة غير ملتفة عكس الغدد العرقية في الإنسان والتي تكون أنبوبية طويلة ملتفة ذات إمداد دموي عالي . أما الغدد العرقية في الأبقار والأغنام فهي وعائية (Vascular) ذات إمداد دموي ضعيف نسبيا .

ويمكن للغدد العرقية في الإنسان والفصيلة الخيلية أن تساهم في فقد حرارة تعادل ضعف كمية الحرارة التمثيلية (Metabolic heat) ويكون الإفراز العرقي من نوع الـ (merocrine) الذي ينتج عرق مائي . ويتباين نوع الإفراز العرقي في الأبقار . فأبقار المناطق الإستوائية أو شبه الإستوائية من نوع الـ (merocrine) ولقد أثبتت التجارب إحتواء تلك الماشية علي غدد عرقية أكثر من ماشية المناطق المعتدلة والتي تحتوي علي غدد عرقية من نوع الـ (Apocrine) والتي تفرز عرق يحتوي علي نسبة قليلة من الماء . وللجاموس والأغنام غدد عرقية ذات مسطح قليل تقع تحت نوع الغدد المنبثقة (Apocrine) . هذا ولا يوجد للأرانب غدد عرقية علي الإطلاق .

رابعا : التنفـــس :

لا يمثل الفقد الحراري عن طريق العرق أي أهمية تذكر في الماشية مثل ما يمثلة العرق في الفصيلة الخيلية . وعليه فتتمتع الماشية بوسيلة أخري ذات كفاءة أعلي للفقد الحراري بالتبخير عن غير طريق العرق وهي السطح التنفسي (Respiratory surface) . حيث يمكن لهذه الحيوانات أن تزيد معدل التنفس فيها عند إرتفاع حرارة الجو إلي عشرة أضعاف المعدل الطبيعي . (أي من ٢٠ إلي ٢٠٠ مرة) . ويكون التنفس في هذه الحالة سطحي (Shallow) غير عميق لتقليل تأثير زيادة التهوية الرئوية (Hyperventilation) في هذه الحالة والإصابة بقلوية الدم (Alkalosis) وفقد الإتزان الحمضي القلوي . ولا يدخل هواء الشهيق عند التنفس السطحي إلي أكثرمن حدود المساحة الميتةمن الجهاز التنفسي والقليل من الحويصلات الرئوية . وبذا يزيد التبادل الغازي في عدد مراته وينقص في حجمه بالنسبة لكل وحدة زمنية وبذا يبقي حجمه ثابتا في وحدة الزمن . وعلي الرغم من ذلك فقد يحدث نوع من القلوية في الدم نتيجة لزيادة التهوية الرئوية . وعادة ما يصحب زيادة معدل التنفس (اللهث أو الـ Panting) سقوط اللعاب من الفم علي هيئة نقط وهو ما يسمي بالـ (Drippling) . وفي بعض الحيوانات يتفلطح اللسان (Flattens) مع خروجه من الفم ليسمح بزيادة تعرض سطحه المبتل للتبخير مما يساهم إلي حد كبير مع اللهث في زيادة معدل الفقد الحراري .

ميكانيكية حفظ درجة حرارة الجسم :

من كل ما تقدم نجد أن للإنتاج الحراري مصادره كما أن للفقد الحرارة وسائله وسبله . ولكي تظل درجة حرارة الجسم ثابته يجب أن تتوازن كمية الحرارة الناتجة مع كمية الحرارة المفقودة . أي تتساوي كمية الإنتاج الحراري مع كمية الفقد الحراري . فإذا زادت كمية الإنتاج الحراري إستدعي الأمر زيادة معدل الفقد الحراري . وبالمثل يؤدي إنخفاض كمية الحرارة

الناتجة إلي زيادة كمية الفقد الحراري . حتي ينعدم الفقد بين كمية الإنتاج الحرارة وكمية الفقد الحراري وتكون :

الحرارة الناتجة = الحرارة المفقودة أو الحرارة الناتجة . الحرارة المفقودة = صفر

ولما كان وسائل الإنتاج الحراري هي : التمثيل الغذائي (M) ـ النشاط العضلي (MA) ـ الحرارة الناتجة من الفعل الديناميكي النوعي للغذاء(FD) ـ والحرارة الناتجة من النشاط الإنتاجي(P) فإن

$$\text{Heat Production} = M + MA + FD + P$$

ولما كان طرق الفقد الحراري تشمل : الإشعاع (R) . التوصيل (C) . الحمل (V) . التبخير (E)

فإن $$\text{Heat dissipation} = R + C + V + E$$

ففي الجو المعتدل وبفرض تساوي الإنتاج الحراري بالفقد الحراري فإن :

$$\text{Heat Production} = \text{Heat Dissipation}$$

$$M + MA + FD + P = R + C + V + E$$

ويصبح الفقد الحراري عن طريق التبخير في الأجواء الباردة ذو كفاءة معدومة تقريبا وتصبح المعادلة

$$M + MA + FD + P = R + C + V$$

أما في الأجواء الحارة تصبح الإشعاع (R) والتوصيل (C) والحمل (V) سبل إكتساب حرارة بدلا من كونها وسائل فقد الحرارة ويصبح التبخير الوسيلة الوحيدة تقريبا للفقد الحراري وتصبح المعادلة :

$$M + MA + FD + P + R + C + V = E$$

ويرجع الفضل في تنظيم درجة حرارة الجسم إلي الفعل العصبي لمنطقة الهيبوثالاماس . والتي تعتبر مركز تنظيم الحرارة (ثرموستات الجسم) . حيث يستطيع الجسم عن طريقه من أن يحول معدلات إنتاج أو فقد الحرارة إلي الحدود التي تؤدي إلي حفظ درجة حرارة الجسم ثابتة . ويعتبر الجزء الأمامي من لهيبوثالاماس هو المسئول عن الوقاية ضد الأجواء الحارة (ينظم وسائل الفقد الحراري فيعمل علي زيادة فاعليتها عن طريق وسائل الجسم الفسيولوجية والمورفولوجية المختلفة) . بينما يختص الجزء الخلفي للهيبوثالاماس بالتوازن في الأجواء الباردة (أي يزيد من فاعلية طرق الإنتاج الحراري) ويؤدي نزع الجزء الخلفي للهيبوثالاماس إلي أنخفاض معدل التمثيل الغذائي القاعدي ويحول الحيوان إلي مجموعة الحيوانات ذات الدم البارد . والعكس صحيح عند نزع الجزء الأمامي للهيبوثالاماس .

المدي الحراري والمجموعات الجغرافية للحيوانات :

لكل مجموعة من الحيوانات منطقة جغرافية معينة تتميز بكونها منطقة ذات ظروف جوية تمكن الحيوان من أن يعيش وينتج بصورة طبيعية مثلي . أو أنها تلك الظروف البيئية التي لا تضر بالتوازن الحراري للحيوان بدرجة تقلل من إنتاجيته أو ألا تكون ذات درجة حرارة لا يمكن للحيوان معها أن يبقي علي توازنه الحراري . وعليه تختلف درجتا الحرارة الصغري أو العليا التي يستطيع الحيوان أن يعيش فيها وينتج بحالة طبيعية والتي تعرف بالمدي الحراري الملائم باختلاف الحيوان ومنشؤه . فالمدي الحراري الملائم لماشية المناطق المعتدلة مثلا هو -١٥م : ١٦°م (٣٠ : ٦٠ °ف) في حين يكون المدي الحراري الملائم لماشية المناطق الحارة محصورا بين ١٠ : ٢٧°م (٥٠ : ٨٥° ف)

ويؤدي إرتفاع أو إنخفاض درجة حرارة البيئة عن تلك الحدود إلي قلة مقدرة الحيوان علي تنظيم درجة حرارة جسمه . فإذا زات أو قلت درجة الحرارة الجوية عن درجتا المدي الحراري للحيوان فإن ذلك يدفع أجهزة التنظيم الحراري في الجسم إلي مقاومة هذا الإنخفاض أو الإرتفاع في درجة حرارة الجسم نتيجة لذلك . أما إذا زاد معدل إرتفاع أو إنخفاض درجة الحرارة الجوية إلي القدر الذي يعجز عنده الحيوان أجهزة تنظيم الحرارة علي مقاومة هذا الإرتفاع أو الإنخفاض إي تصبح هذه الأجهزة عاجزة علي الإبقاء علي التوازن الحراري بالجسم فإن ذلك يؤدي إلي توقف العمليات الفسيولوجية بالجسم مما قد يؤدي إلي نفوق الحيوان وهو ما نسميه بدرجة الحرارة المممتة العليا أو السفلي .

وتوجد درجة معينة داخل المدي الحراري يكون عندها التنظيم الحراري للجسم والإنتاج وجميع العمليات الفسيولوجية في أمثل مستوي لها . وتسمي هذه الدرجة بدرجة الحرارة المثلي . وعليه فيمكن تصنيف درجات حرارة الوسط من حيث تأثيرها علي مستوي العمليات الحيوية في الجسم إلي :

١) درجة الحرارة المميته العليا عندهايزيد الإنتاج الحراري بطريقة يصعب مقاومتها وتسبب النفوق
٢) درجة الحرارة الحرجة العلياعندها تحدث زيادة في الإنتاج الحراري يمكن مقاومتها
٣) درجة الحرارة المثلي جميع العمليات الحيوية في أحسن معدل لها .
٤) درجة الحرارة الحرجة الصغري عندها تحدث زيادة في الفقد الحراري يمكن مقاومته
٥) درجة الحرارة المميته الصغري يزيد الفقد الحراري بطريقة يصعب مقاومته وتسبب النفوق

ولما كانت الطيور هي أكثر الحيوانات الزراعية إصابة بأضرار الإرتفاع أو الإنخفاض الشديدين في درجة الحرارة البيئية . لذا فضلنا أن نذكر فيما يلي درجات الحرارة الحرجة والمميتة العليا والصغري في الدجاج كمثال لأكثر أجناس الطيور إنتشارا في مصر :

<u>أولا</u> : <u>درجات الحرارة الحرجة في الدجاج</u> :

أ) درجة الحرارة الحرجة القصوي ٢٧٫٥°م أو ٨١°ف

ب) درجة الحرارة الحرجة الصغري ١٦٫٥°م أو ٦١٫٧°ف

<u>ثانيا</u> : <u>درجات الحرارة المميته</u> :

أ) <u>درجات الحرارة المميتة العليا</u> :

١) كتاكيت عمر يوم ٤٦٫٦°م أو ١١٦٫٠°ف

٢) دجاج حتي النضج الجنسي ٤٧٫٢°م أو ١١٧٫٠°ف

ب) <u>درجات الحرارة المميتة الصغري</u> :

١) عمر يـوم	١٥٫٥°م	أو ٦٠٫٠°ف
٢) عمر ٢ يوم	١٥٫٥ : ١٦٫١°م	أو ٦٠٫٠ : ٦١٫٠°ف
٣) عمر ٤ يوم	١٦٫١ : ١٦٫٦°م	أو ٦١٫٠ : ٦٢٫٠°ف
٤) عمر ٦ أيام	١٧٫٢ : ١٨٫٠°م	أو ٦٣٫٠ : ٦٣٫٥°ف
٥) عمر ٧ أيام	١٥٫٠°م	أو ٥٩٫٠°ف
٦) عمر ٨ أيام	١٧٫٢ : ١٨٫٨°م	أو ٦٣٫٠ : ٦٦٫٠°ف
٧) عمر ١٠ أيام	١٨٫٣ : ٢٠٫٥°م	أو ٦٥٫٠ : ٦٩٫٠°ف
٨) عمر ٢١ يوم	١٨٫٨ : ٢٠٫٠°م	أو ٦٦٫٠ : ٦٨٫٠°ف
٩) عمر ١٦ أسبوع	١٩٫٤ : ٢٠٫٥°م	أو ٦٧٫٠ : ٦٩٫٠°ف
١٠) ديوك بالغة	٢٠٫٧°م	أو ٦٩٫٠٣°ف
١١) دجاج بالغ	٢٣٫٤ : ٢٤٫١°م	أو ٧٤٫١°ف

فسيولوجيا الإخراج

مقدمة :

يعرف الإخراج بأنه سلسلة من العمليات الفسيولوجية التي يتم عن طريقها التخلص من نواتج الهضم والتمثيل الغذائي للمركبات الغذائية المختلفة المكونة لغذاء الحيوان . وتختلف طريقة الإخراج بإختلاف نوع وطبيعة النواتج المراد التخلص منها . فهي إما أن تكون :

١) صلبة : لا تذوب في الماء ويتخلص منها الجسم في الروث عن طريق الجهاز الهضمي .

٢) سائلة : وتكون المواد المراد التخلص منها ذائبة في الماء مثل البولينا والمواد المشابهة . ويتم التخلص منها في البول عن طريق الجهاز البولي .

٣) غازية : مثل ثاني أكسيد الكربون ويتخلص منه عن طريق الجهازالتنفسي أو بعض الغازات الناتجة عن تخمر وهضم الغذاء ويتم التخلص منها عن طريق الجهاز الهضمي أي عن طريق الفم أو فتحة الشرج أو المجمع .

٤) حرارية : والناتجة عن طريق عمليات الأكسدة أثناء النشاط العضلي أو العمليات الحيوية المختلفة ويتم التخلص من كمية الزائد منها بواسطة أي من طرق الفقد الحراري مثل التبخير (بالعرق أو عن طريق الجهاز التنفسي) أو الإشعاع و التلامس أو الحمل .

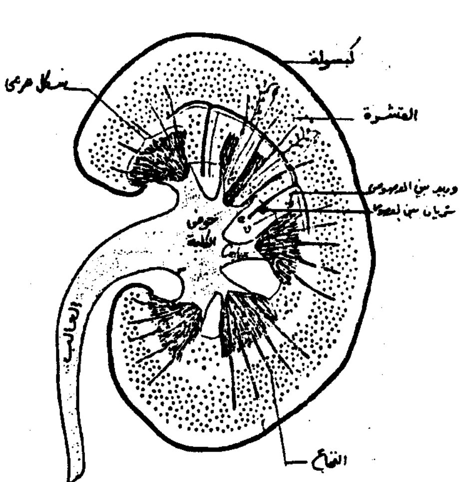
فيتم الإخراج إذن بواسطة العديد من الأجهزة مثل الجهاز الهضمي والتنفسي والبولي ولا يقتصر علي جهاز بعينه . ولو أنه عادة ما يقترن الإخراج بالجهاز البولي . وهو ما لا يتفق مع الواقع العلمي . وترجع منشأ هذه الفكرة إلي أن للجهاز البولي وظيفة واحدة وهي التخلص (إخراج) من نواتج الهضم والتمثيل الغذائي الذائبة في الماء . بينما الإخراج الذي يتم عن طريق الأجهزة الأخري ولو أن له أهمية كبيرة من الناحية الفسيولوجية إلا أنه لا يكون الوظيفة الأساسية والوحيدة لهذه الأجهزة . فالوظيفة الأساسية للجهاز الهضمي مثلا هو تناول الغذاء وهضمة وإمتصاصة وتمثيله بينما يكون الإخراج منه (التبرز) وظيفة تابعة لوظائفة الأساسية الأخري .

الجهـــاز البـــولي

يتكون الجهاز البولي في كل الحيوانات الزراعية الثدية والطيور من الأجزاء الآتية :

<u>أولا : الكليتـــين :</u>

توجد الكليتين في الثدييات في الجزء الأسفل من التجويف البطني . ويشبهان حبة الفاصوليا . فكثيرا ما توصف حبة الفاصوليا علي أنها كلوية الشكل . ويختلف وزن الكلية بإختلاف نوع الحيوان وعمره ووزنه . وكلية الطيور أكبر نسبيا من كلية الثدييات . حيث يتراوح وزنها النسبي من ١ : ٦ر٢٪ من وزن الجسم . ويختلف هذا الوزن بإختلاف أجناس الطيور وفي العادة ما تكون الكليتان بنية اللون هشة التركيب . ويحيط الكلية من الخارج غلاف يمنع تمدد محتوياتها .و يوضح الشكل المقابل قطاعا طوليا في الكلية والحالب لبيان تركيبهما العام وعلاقتهما التركيبية :



وتتكون الكلية من وحدات وظيفية صغيرة تعرف بالوحدات البولية أو النفرونات (Nephrons) . أما كلية الطيور فتتكون من ثلاثة فصوص . وتتصل بالسلسلة الفقارية عند الإنخفاض الناتج عند إتصال السلسلة الظهرية بالحرقفة (ilia) . وينقسم كل فص من فصوص الكلية إلي فصيصات تحتوي في تركيبها علي الوحدات البولية أو النفرونات (Nephrons) وتنقسم كل كلية إلي جزئين هما القشرة من الخارج والنخاع من الداخل.

ولا يوجد خط واضح يفصل بين القشرة والنخاع في الطيور كما هو الحال في الثدييات . ويتكون نخاع الكلية من عدة أجزاء هرمية الشكل تحيط بقاعدتها منطقة القشرة . وتفتح هذه الأشكال الهرمية في حوض الكلية .

وتغذي الكلية بالشريان الكلوي (Renal artery) الذي يتفرع إلي فروع عديدة داخل الكلية . كما يخرج منها الوريد الكلوي (Renal vein) .

تركيب الوحدة البولية (النفرون Nephron) :

تشبه الوحدات الكلوية للطيور في تركيبها تلك الموجودة في الثدييات إلا أنها أصغر منها حجما وأكثر عددا . ويبلغ عددها في الدجاج ٨٤٠ وفي البط ١٩٨٩ وفي الأوز ١٦٥٩ وفي الحمام ٣٠٠وتتكون الوحدة البولية من جزئين رئيسيين وهما الكرية أو ال(Glomerulus) والقنيات الكلوية . وفيما يلي وصفا مبسطا لكل منها :

١) **الكرية أو الجلوميريولاس Glomerulus :**

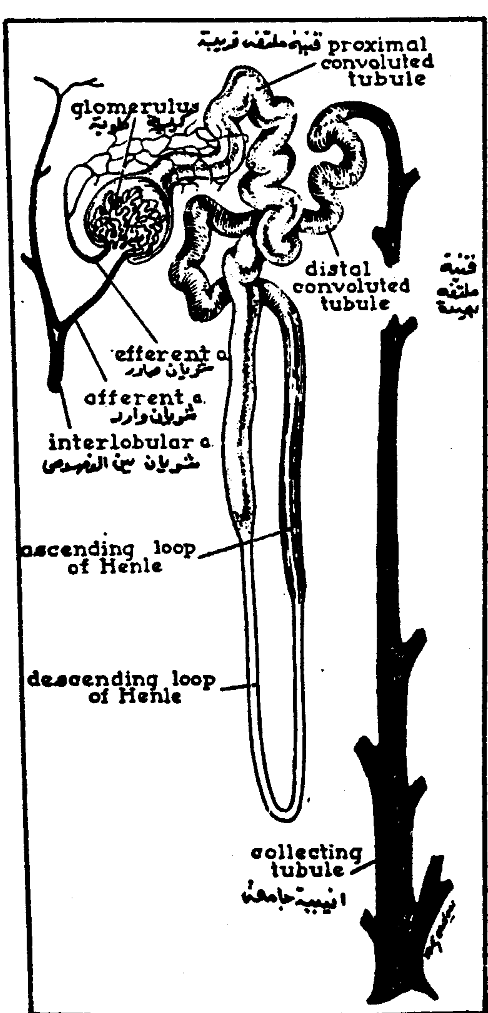
وتتكون من مجموعة من الشعيرات الدموية تبدأ بشريان واسع يعرف بالشريان الوارد (Afferent artery) تتجمع في شريان آخر يعرف بالشريان الصادر(Efferent artery) ويبلغ قطر الشريان الصادر نصف قطر الشريان الوارد ويرتفع ضغط الدم داخل الشعيرات إلي ٧٠ مم زئبق . وتوجد الشعيرات الدموية المكونة للكرية في قشرة الكلية .

٢) **قنيات الوحدات البولية** : وتتكون من أربعة أجزاء مميزة هي :

غلاف بومان . القنية الملتفة القريبة . إنحناء هنلي . القنية الملتفة البعيدة .

١) **غلاف بومان (Bowman's calsule)** : تبدأ كرية مستديرة تنضغط في طرفها الخارجي الشعيرات الدموية فتحولها إلي طبقتين داخلها الشعيرات وتسمي في هذه الحالة كرية ملبيجي ويتكون غلاف بومان من طبقة واحدة من الخلايا الطلائية البلاطية وتتلخص وظيفة غلاف بومان في أنه يعمل كمرشح . حيث يقوم بترشيح سائل يشبه في تركيبه البلازما خاليا من البروتينات وكرات الدم . وتشبه طريقة الترشيح هذه.إلي حد كبير. طريقة ترشيح سوائل الأنسجة إذ أنها تعتمد علي ضغط الدم داخل الشعيرات (القوة المرشحة) والتي تبلغ ٧٠ مم زئبق . يضاده في

عمله قوتين الأولي هي الضغط الإسمـوزي (الغروي) لبروتينات البلازما والتي تبلغ ٢٥مم زئبق . والثانية هي ضغط السوائل داخل الكلية الذي يبلغ ١٠ مم زئبق . ويبلغ حجم السائل الذي يتم ترشيحه بهذه الطريقة في الإنسان ١٨٠ لترا يوميا.



٢) القنية الملتفة القريبة

Proximal Convulated Tubule :

وتوجـد في قشـرة الكليـة . ويتكـون جدارها من طبقة من الخلايا الطلائية المكعبة . وتقوم هذه القنيـة بإمتصاص بعـض المـواد الهامـة للجسـم والـتي تكون قد تم ترشيحها من خلال غلاف بومـان مثـل الجلوكـوز والأحمـاض الأمينية والفوسفات وأغلب الصوديوم (حـوالي ٨٥٪ منـه) وكـل البوتاسـوم والبيكربونات الموجـودة في السـائل المترشح . كما تمتص مقدار كبير من السـائل المترشـح إذ يـتراوح حجـم السائل الخارج من هـذه القنيـة ٢٥ : ٣٠ لترا يوميا في الإنسان .

٣) إنحنـاء هنلـي Loop of Henle

ويوجد في نخاع الكلية ويتكـون جـدارة مـن طبقـة واحـدة مـن الخلايا الطلائية البلاطية . ويتخـذ إنحناء هنلي شكل حرف (U) .

وينحصر وظيفته في تغيير الضغط الإسموزي للبول فيزداد تركيزه في الصيف ويقل تركيزه في الشتاء .

٤) القنية الملتفة البعيدة Distal Convulated tubule :

وتوجد في قشرة الكلية وتتلخص وظائفها فيما يلي :

١) إمتصاص الماء حسب حاجة الجسم . وتقع هذه العملية تحت التأثير المنظم للهرمون المانع لإدرار البول (Antiduritic hormone ADH) الذي يفرز من النخامية الغدية .

٢) إفراز البوتاسيوم والنشادر في البول .

٣) تغيير تفاعل البول إلي الناحية الحمضية .

وتختلف أقطار وأطوال أجزاء الوحدات البولية بإختلاف أجناس الحيوانات والطيور .
والجدول التالي يبين أقطار وأطوال الوحدات البولية في الدجاج علي سبيل المثال :

الجـــــــــزء	القطـــــر بالميكرون	الطـــــول بالمليمتر
الكريـــة	٨٦٫٠٠	—
الجزء النـازل	١٨٫٦٠	٣٫١
الجزء الصاعد	٣٤٫٤٠	٢٫٤
الجزء النهائي	٢٩٫٠٠	٢٫٧-٣٫٠

ويتجمع البـول المتكـون مـن أكثر مـن وحـدة بوليـة في قنـاة تعـرف بالقنـاة الجامعـة Collecting tubule لتنقله إلي حوض الكلية .

وظائـف الكليـــــة :

للكلية وظيفة أساسية وهي توفير نوع من الثبات الذاتـي الداخلـي للجسـم . وهـي في ذلك تسلك طرقا عدة نذكر منها ما يأتي :

١) تنظيم كمية سوائل الجسم فإذا زادت السوائل الداخلية بالجسم زاد حجم البول والعكس صحيح

٢) تنظيم الضغط الإسموزي للدم .

٣) المحافظة علي درجة pH الدم ثابتا بتغير درجة pH البـول وإفراز النشـادر الي تعادل الأحماض الناتجةداخل الجسم

٤) التخلص من الفضلات الناتجة بالجسم .

٥) إبطال مفعول بعض المواد السامة التي تدخل الجسم .

٦) المشاركة في حفظ ضغط الدم ثابتا . فإذا إنخفض ضغط الدم داخل الجسم تفرز الكلية إنزيم الرينين (Renin) الذي يقوم بتحويل الـ Hypertensinogen الغير فعال إلي الـ Hupertensin التي تعمل علي رفع ضغط الدم .

٧) تقوم الكلية بتخليق الصورة الهرمونية من فيتامين (D_3) ذات الدور الفعال في عملية إمتصاص الكالسيوم من الأمعاء .

ثانيا : الحـــالب :

هو عبارة عن قناة رفيعة تبدأ من حوض الكلية وتتجه إلي أسفل حيث تفتح في المثانة البولية في وضع مائل حتي تمنع رجوع البول إلي الحالب مرة ثانية أثناء إنقباض المثانة . ويتكون جدار الحالب من ثلاثة طبقات من العضلات اللإرادية : الخارجية طولية والوسطي دائرية والداخلية علي هيئة شبكة . وتنقبض هذه العضلات ثلاثة إنقباضات في الدقيقة فتدفع البول إلي المثانة . وينبه وجود البول في حوض الكلية عضلات الحالب لتبدأ في الإنقباض . وتزداد شدة الإنقباض وتصبح مؤلمة إذا مر في الحالب جسم صلب مثل حصوة أو دم وتسمي تلك الإنقباضات بالمغص الكلوي .

ويبدو أن للحالبين دور ما في دفع البول عن طريق حركتها الدودية . وتبدأ الحركة الدودية للحالبين من الداخل إلي الخارج دافعة البول عكس الضغط .

ويغذي الحالب أعصاب من الجهاز العصبي الذاتي اللاإرادي حيث تقوم الأعصاب السمبثاوية منها بتقليل إنقباض الحالب أما الأعصاب الباراسمبثاوية فتزيد من شدة إنقباض الحالب . لذا يعالج المغص الكلوي بمادة الأتروبين أو الخلالجين الذين يثبطان الأعصاب الباراسمبثاوية .

ثالثا : المثانة البوليـــة :

وهي عضو عضلي أجوف يتركب جدارها من ثلاثة طبقات من العضلات الإرادية بنفس تتابعها في الحالب (الخارجية طولية والوسطي دائرية والداخلية شبكية) . وتقع في

قاع المثانة ثلاثة فتحات إثنتان منها عبارة عن فتحتي الحالب أما الثالثة فهي فتحة قناة مجري البول التي توجد في انهاية السفلية للمثانة تحرسها عضلة غير إرادية تعرف بالعضلة العاصرة الداخلية . وتغلق هذه الفتحة دائما لمنع تسرب البول الموجود بالمثانة ولا تتفتح إلا أثناء خروج البول عندالتبول فقط . تمر قناة مجري البول ـ علي بعد ٢ سم من العضلة العاصرة الداخلية ـ بعضلات قاع الحوض وهي عضلات إرادية حيث تكون العضلة العاصرة الإرادية . هذا وليس للجهاز البولي للطيور مثانة بل ينزل البول مختلطا بالزرق من فتحة المجمع . ولكي يمكن الحصول علي البول فقط دون أن يكون مختلطا مع الزرق فإنه من الضروري عمل فصل جراحي للحالب عند إتصاله بالمستقيم .

<u>ويغذي المثانة نوعين من أعصاب الجهاز العصبي الذاتي</u> هي :

١) <u>أعصاب باراسمبثاوية محركة</u> تعمل علي إنقباض عضلات جدار المثانة وإرتخاء العضلة العاصرة الداخلية لبدء عملية نزول البول (التبول) .

٢) <u>أعصاب سمبثاوية</u> تعمل علي إرتخاء عضلات جدار المثانة وإنقبض العضلة العاصرة الداخلية . ويؤدي إستمرار تنبيهها إلي إحتباس البول .

٣) أما العضلة العاصرة الخارجية فيغذيها أعصاب محركةمن النوع المغذي للعضلات الإرادية.

ويصل البول إلي المثانةعن طريق الحالبين بإستمرار . ولا يشعر الفرد بوجود البول في المثانة إلا عندما يصل حجم البول الموجود بها إلي حد معين (٤٠٠ سم في الإنسان) وذلك لإرتخاء جدار المثانة لتسع البول دون أن يرتفع الضغط فيها .

<u>خروج البول (التبول)</u> :

لايشعر الفرد ـ كما ذكرنا ـ بالبول في المثانة إلا إذا زادت كميته عن حد معين . وتختلف هذه الكمية بإختلاف أجناس الحيوانات . عندئذ يشعر الفرد بإمتلاء المثانة . فتنقبض عضلات جدارها وترتخي العضلة العاصرة فيخرج البول من المثانة إلي قناة مجري البول . أما إذا لم يتم التبول وزاد حجم البول فيها إلي حد معين (٧٠٠ سم في الإنسان) تحول الشعور بإمتلاء المثانة إلي ألم في البطن ويتم التبول لا إراديا . ويحدث التبول نتيجة

لتتابع مجموعة من الأفعال المنعكسة . تبدأ بإمتلاء المثانة وإرتفاع الضغط فيها إلي حد معين . فتنقبض عضلات جدار المثانة وترتخي العضلة العاصرة الداخلية . وعند ما يبدأ مرور البول في قناة مجري البول تبدأ مجموعة من الأفعال المنعكسة تعمل علي إستمرار إنقباض جدار المثانة وإرتخاء العضلة العاصرة الداخلية والخارجية لضمان تمام تفريغ المثانة من البول .
وينظم عملية التبول مركز التبول الموجود في الجزء العجزي من النخاع الشوكي .

البـــــول

البول سائل رائق يميل لونه إلي الإصفرار لوجود صبغة اليوروكروم وبعض أصباغ الصفراء . ويتغير لون البول حسب كمية الماء به حيث يكون لونه فاتحا شتاء لكثرة محتواه من الماء وبرتقالي صيفا لقلة هذا المحتوي .كما يتغير لون البول نتيجة للإصابة ببعض الأمراض مثل مرض الكبد الوبائي (الصفراء) حيث يصبح لونه مثل لون الشاي المغلي .
ومائلا إلي الإحمرار عند حدوث أي نزيف في المسالك البولية لإحتوائه علي كرات الدم الحمراء . أما الكرات الدموية البيضاء فتسبب عكارة في البول

ويختلف حجم البول المتكون بإختلاف عوامل كثيرة منها نوع الحيوان وعمرة وطبيعة التغذية وكمية الماء المتناولة وفصول السنة . وتبلغ كمية البول في الـ ٢٤ ساعة في الإنسان حوالي ٥ر١ لترا في المتوسط . كما تبلغ كمية البول في الدجاج حوالي ٦١ : ٤ر١٢٤ ملليلتر /٢٤ ساعة هذا وتعتبر غزارة البول - وحركة الحالبين - وكمية البول المعاد إمتصاصه من أهم العوامل المؤثرة علي كمية البول المتكونة

والبول حمضي التأثير . تبلغ درجة الـ pH له (٦) . إلا أن للكلية المقدرة علي تغيير التفاعل في البول في الحدود من ٥ر٤ : ٨ حسب كمية الأحماض والقواعدالداخلة إلي الجسم أو المتكونه فيه .

وتتراوح كثافة البول النوعية بين ١٠١٥ر١ : ١٠٣٠ر١ . ولتقدير الكثافة النوعية للبول أهمية كبري عند تشخيص بعض الأمراض والوقوف علي مقدرة الكلية للقيام بوظائفها .

وتعتمد رائحة البول علي مكونات الطعام . حيث تكون رائحة البول في الحيوانات التي تتغذي علي الحشائش مختلفة عن رائحته في آكلات اللحوم .

مكونات البول :

تتوقف معظم مكونات البول علي نوع التغذية ودرجة حدوث التمثيل الغذائي للمركبات الغذائية بالجسم . وتقسيم مكونات البول . بصفة عامة . إلي قسمين أساسيين من الناحية الوظيفية :

١) **مواد ذات حد أدني** : وهي تلك المواد التي لا توجد في البول إلا إذا زادت كميتها في الدم عن حد معين مثل الجلوكوز الذي لا يظهر في بول الإنسان إلا إذا زاد تركيزه في سيرم الدم عن ١٨٠ ملجم/١٠٠ مليلتر و يعرف هذا الحد بالعتبة الكلوية .

٢) **مواد ليست ذات حد أدني** : وهي تلك المواد التي تخرج في البول بإستمرار ويزيد تركيزها في البول كثيرا عن تركيزها في الدم .

أما من الناحية الكيميائية فيمكن إجمال مكونات البول فيما يلي :

١) الماء .

٢) مواد نتروجينية مثل اليوريا وأحماض اليوريك والهيبويوريك والنشادر والكرياتين والكرياتينين .

٣) مواد غازية مثل الأمونيا والنيتروجين والأكسوجين وثاني أكسيد الكربون .

٤) بعض المواد الملونة والمواد المخاطية .

٥) بعض الأملاح مثل أملاح الصوديوم والبوتاسيوم والماغنيسيوم والكالسيوم مع الكلوريدات والكبريتات والفوسفات .

وسنتناول بشئ من التفصيل المكونات النتروجينية للبول نظرا لأهميتها من الوجهة الفسيولوجية :

١) **اليوريا** : تعتبر اليوريا من أهم مكونات بول الثدييات . وتعتبر الناتج النهائي للتمثيل الغذائي للمواد البروتينية في الكبد كما تتكون من تحلل أنسجة الجسم . أما في الطيور فيختلف الوضع حيث يعتبر حمض البوليك (Uric acid) الناتج النهائي الرئيسي لتمثيل البروتينات والمكون الأساسي لبول الطيور . وتعتبر اليوريا الناتج النهائي لتمثيل البيورين(Purin)في الطيور . وتختلف

نسبة اليوريا في البول بإختلاف نوع الغذاء وجنس الحيوان . فتبلغ متوسط نسبتها في بول الإنسان ٢٪ وفي الأبقار ٥ر٢٪ وفي الأغنام ٣٪ .

ويبلغ معدل ترشيح اليوريا في الدجاج ٥ر١ ملليلتر / كجم وزن حي / دقيقة . كما تبلغ كمية اليوريا المعاد إمتصاصها في الدجاج ٢٥٪ من كمية اليوريا الراشحة في البول . وهي نسبة أقل بكثير عما هو الحال في الثدييات والتي تبلغ ٤٥ : ٥٠٪ .وتتوقف هذه الكمية علي كمية الماء المعاد إمتصاصه وليس علي حجم الماء الحقيقي المفرز . وتحتوي كلية الطيور علي إنزيم الأرجيناز (Arginase) الذي يساعد علي تكوين اليوريا من أرجينين البلازما . ولم يعرف حتي الآن ما إذا كان هناك إختلاف بين أجناس الطيور فيما يتعلق بكمية الراشح أو المعاد إمتصاصة من اليوريا . وتعتمد عملية إعادة إمتصاص اليوريا إساسا علي الإنتشار العكسي (Back diffusion) أكثر من إعتماده علي عملية الإمتصاص الفعال (Active Absorption) .

٢) الأمونيا : تكثر في الحيوانات آكلة اللحوم عنه في لآكلات العشب . وتلي اليوريا من حيث الأهمية . وتوجد علي هيئة أملاح اللاكتات والكربونات والكربامات .

٣) حمض اليوريك (البوليك) : يوجد في البول علي هيئة أملاحه مع البوتاسيوم والصوديوم (يورات البوتاسيوم . يورات الصوديوم) . ويحتوي بول الطيور علي نسبة عالية من حمض البوليك . حيث تبلغ نسبة النيتروجين الموجود علي هيئة حمض البوليك حوالي ٦٠ : ٨٠٪ من مجموع نيتروجين البول . وتقوم القنوات البولية الكلوية بإفراز حوالي ٨٧ : ٩٣٪ من حمض البوليك في بول الطيور .

وتتراوح نسبة ترشيح حمض البوليك إلي الأنيولين . عند التركيزات المتوسطة لحمض البوليك في بلازما الدم (٦ : ٩ ملجم ٪) . ما بين ٥ر٧ : ٨ر١٥٪ . وتنخفض هذه النسبة إلي ١٠٠ملجم ٪ عند إرتفاع مستوي حمض البوليك في بلازما الدم حيث تصل هذه النسبة إلي ٨ر١ : ٢ر٣ .

ويبلغ معدل ترشيح حمض البوليك ٣٠ ملليلتر / كجم وزن حي / دقيقة وذلك عند التركيزات الطبيعية لهذا الحمض في بلازما الدم (٦ : ٩ ملجم ٪) . ولا يبدو أن لكمية أو ضغط الدم المتدفق إلي الكلي إي تأثير علي تكوين حمض البوليك في البول مما يعطي دلالة علي أن عملية ترشيح هذا الحمض تتم في الأنيبيبات الكلوية .

٤) حمض الهيبوريك : يكثر في بول آكلات الأعشاب وهو وسيلة الجسم للتخلص من حمض البنزويك السام الناتج من عمليات التمثيل الغذائي .

٥) الكرياتين والكرياتينين : يوجد الكرياتين في بول معظم الحيوانات . ولا تتأثر نسبة وجوده بنوع الغذاء . أما الكرياتينين فهو ناتج التمثيل الغذائي في العضلات ولا يوجد في بول الثدييات إلا أثناء فترة زيادة معدل النمو وبعدالولادة مباشرة ومصاحبا لحالات الإجهاد العضلي الشديد . أما في الطيور فيسود الكرياتين علي الكرياتينين في البول .

الإخــــراج عن طريق الجلــــد

العرق والدهن

أولا : العــــــرق :

للعرق أهمية خاصة من الوجهة الفسيولوجية تتلخص فيما يلي :

١) يعتبر أحدي وسائل الجسم للتخلص من جزء من نواتج التمثيل الغذائي الضارة مثل اليوريا وبعض الأملاح المختلفة .

٢) للعرق أهمية خاصة في إحداث التوازن الحراري بالجسم عند إرتفاع درجة الحرارة الجوية حيث يعتبر الفقد الحراري عن طريق تبخير العرق الوسيلة الأساسية للفقد الحراري في هذه الحالة .

٣) يعتبر العرق وسيلة الجسم للوقاية من التأثير الضار للأشعة الضوئية .

والعرق سائل قلوي التفاعل . يحتوي علي نسبة عالية من الأملاح تعطيه الطعم الملحي المميز له . ويفرز العرق من غدد خاصة موجودة بالجلد تختلف توزيعها بإختلاف مناطق الجسم المختلفة . فتكثر في الإنسان مثلا في كفوف اليدين وفي الأقدام . وقد يكون توزيع الغدد العرقية منتظما في جميع مناطق الجسم كما هو الحال في الفصيلة الخيلية . كما قد لا توجدبالمرة كما في الدجاج .

والغدد العرقية في الإنسان أنبوبية ملتفة بسيطة (simple convulated tubular glands)
أما في الفصيلة الخيلية فأنبوبية مستقيمة (straight tubes) .

وتنقسم الغدد العرقية إلي ثلاثة أقسام تبعا لطريقة أفرازها للعرق وهي :

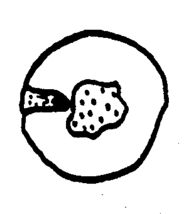
١) النوع غير مستديم الإفراز Merocrine or ecrine type : كما في الإنسان . وتتكون غدد هذا النوع من طبقة أو أكثر من الخلايا المكعبة تحيط بفراغ يحتوي علي إفراز الغدة وتحاط الغدة بالعديد من الأوعية الدموية والأنابيب الليمفاوية . وللأنابيب الليمفاوية أهمية لهذا النوع من الغدد . وأفراز هذه الغدد مائي .

٢) الغدد المنبثقة Glands of apocrine secretion :مثل الغدد العرقية في الأبقار . وتنتج مثل هذه الغدد عرق منخفض المحتوي المائي . ويحدث الإفراز عن طريق إستطالة نهايات الخلية المفرزة . ينفصل هذا الجزء المستطيل من الخلية بعد إستطالته في فراغ الغدة ليكون إفراز الغدة .

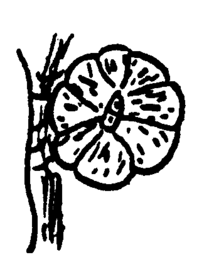
٣) الغدد المنحلة كاملة الإفراز Glands of holocrine secretion : وللغدد من هذا النوع من الإفراز سطح كبير محاط بالعديد من الأوعية الدموية . ويتم الإفراز في هذا النوع عن طريق إنفصال الخلايا الطرفية للغدة . وتقع الغدد الدهنية في الجلد تحت هذا النوع



Holocrine



Apocrine



Merocrine

التنظيم العصبي لإفراز العرق :

تغذي الغدد العرقية ألياف عصبية سمبثاوية من الجهاز العصبي الذاتي . وينظم إفراز العرق مركز خاص في المخ ينبه مراكز عصبية في الحبل الشوكي تعرف بالمراكز الفقارية . فيؤدي تنبيه تلك المراكز إفراز العرق من مناطق معينة من الجسم تختلف بإختلاف درجة تنبيه ونوع المراكز الفقارية التي تم تنبيهها . وتقع المراكز الفقارية تحت تأثير بعض متغيرات البيئة الداخلية مثل إختلاف نسبة ثاني أكسيد الكربون في الدم . فتؤدي زيادة نسبة هذا الغاز إلي تنبيه تلك المراكز . كما تقوم قشرة المخ بنفس التأثير وهو ما يعلل زيادة إفراز العرق عند الإنفعال النفسي والقلق والتوتر العاطفي .

ثانيا : الـــــــدهن :

يفـرز الدهـن من الجلـد عن طريق غدد صغيرة من النـوع الحويصلي المتفرع البسيط Simple branched alveolar gland التي تتصل كل منها بشعرة من شعرات الجلد . وتفتح علي السطح عن طريق قناة صغيرة بجوار الشعرة . ويتكون الإفراز الدهني للجلد من دهون حقيقية وأحماض دهنية وأملاح معدنية وبعض المركبات الأخري وأهمها إسترات الكولستيرول .

الجهاز العصبـــــي
Nervous system

مقـــــدمة :

يمكن تعريف الجهاز العصبي بأنه ذلـك الجهـاز الـذي تقوم وحداتـه بنقـل تأثير مختلف المؤثـرات سـواء أكـان منشـؤها البيئـة الداخليـة أو البيئـة الخارجيـة للحيوان . كما أنه يقوم أيضا بتنظيم الإستجابات المختلفة التي تتفق مع كل منبـه من تلك المنبهات . فضلا عن أنه يقوم بتنظيم كافة أوجه النشاط الحيـوي بالجسـم وإيجاد نوع من الإتزان أو التوافق بين تلك الوظائف لتؤدي في النهاية إلي نـوع من الإتساق الوظيفي الدقيق يدعو إلي صورة من صـور الثبات الذاتـي لمكونـات البيئة الداخليـة للحيـوان . وهـو مـن وجهـة نظرنـا يشبه في واقعنـا العملـي هيئـة الأركـان في الجيـوش المحاربـة حيـث تصلـه كـل المعلومـات عـن مـدي التغـير في الوسط الذي يعيش فيه الحيوان وكذا في مكونات بيئتـه الداخليـة فيقـوم بترجمـة هذه المتغيرات وتقدير سبل مواجهتها وإرسال إشارات معينة هي في الواقع بمثابة أوامر محـددة إلي الأجـزاء أو الأجهـزة المختصـة مـن الجسـم لتحـدث نـوع مـن الإستجابة علي صورة نوع من النشاط الحيوي لمواجهة هذه التغيرات .

والجهاز العصبي معقد التركيب . تصل أجـزاؤه المختلفـة إلي جميـع أجـزاء الجسـم أي إلي جميع خلاياه وأنسجته وأعضائة . ومن أجزائة مـا يصـل إلي أعضـاء الجسـم التي يمكن للحيوان التحكم في حركتها أو نشاطها مثل العضلات الهيكليـة . وغالبا ما تقع تلك الأجزاء من الجهاز العصبي تحت قسم الجهـاز العصبي المركـزي Central nervous system (CNS) ومنها ما يصل أو يغذي أعضاء مـن الجسـم لا يمكن للحيوان التحكم في حركتهـا أو نشـاطها مثـل بعـض أجـزاء الجهـاز الهضمـي والإخراجي والتنفسي ... الخ . وتقع تلك الأجزاء مـن الجهـاز العصـبي تحـت قسـم الجهاز العصبي الذاتي أو التلقائي Autonomic nervous system .

تركيب الجهاز العصبي في الثدييات

تنويه ومقدمة :

ليس هنا مجال لتناول تركيب الجهاز العصبي في الثدييات بطريقة مفصلة . فإهتمامنا منصب علي دراسة الوظيفة والأداء وليس التكوين والتركيب . فعلي القارئ الذي يريد الإستزادة لمعرفة التفاصيل التركيبية للجهاز العصبي إن يلجأ إلي المراجع المتخصصة في علوم التشريح والتشريح المقارن والأعصاب . حيث سيجد فيها بالقطع من التفاصيل ما يعطيه الإشباع العلمي لكل ما يريد معرفته في هذا المجال .غير أننا سنحاول - في هذا المقام - أن نلخص السمات العامة للجهاز العصبي متناولين سرد أجزائه المختلفة مع إعطاء لمحة بسيطة وسريعة عن وظيفة كل جزء من تلك الأجزاء .

أجزاء الجهاز العصبي : يمكن تقسيم الجهاز العصبي في الثدييات . بصفة عامة . إلي ثلاثة أجزاء رئيسية هي :

١) الجهاز العصبي المركزي (CNS) Central Nervous System

٢) الجهاز العصبي الطرفي (PNS) Peripheral Nervous System

٣) الجهاز العصبي الذاتي أو التلقائي (ANS) Autonomic Nervous System

أولا : الجهاز العصبي المركزي

يتكون الجهاز العصبي المركزي من جزئين رئيسيين هما المخ والنخاع الشوكي

أولا : المخ (Brain) :

يتكون المخ من نوعين من الأنسجة مكونة طبقتين مميزتين هما القشرة (Cortex) من الخارج والتي تتكون من المادة الرمادية (Grey matter) وهي عبارة عن عدة طبقات من أجسام الخلايا العصبية . وتحتل الخلايا التي ينبع منها الحركات الإرادية بالجسم جزء من هذه القشرة حيث تسمي هذه المنطقة بالمنطقة الحركية . . وتختص أجزاء من القشرة بالتحكم في مجموعة من العضلات الإرادية في الجسم مثل القدم والساق والفخذ والوجه والفك والحنجرة ... الخ كما يختص أجزاء أخري من القشرة بالتحكم في الأحاسيس الواعية لذا تسمي هذه الأجزاء بالمنطقة الحسية . والتي تنقسم بدورها إلي مناطق متخصصة كل منها يختص بنوع معين من الأحاسيس . فهناك منطقة حسية سمعية ,اخري بصرية وثالثة شمية ... وهكذا .

وتوجد تحت القشرة المادة البيضاء (White matter) . وهي عبارة عن محاور الخلايا العصبية الموجودة بمنطقة القشرة وزوائدها الشجيرية . وتساعد هذه المنطقة علي ربط خلايا القشرة بأعضاء الحس والعضلات في جميع أجزاء الجسم . كما أنها تكون شبكة من الألياف العصبية التي تربط مختلف أجزاء القشرة ببعضها .

ويوجد علي سطح المخ الجانبي شق أو أخدود عميق يسمي (شق رولاند) يقسم المخ إلي قسمين ظاهرين . فإذا إعتبرنا أن هذا الشق يمثل المركز فإننا نجد أنه يوجد قسم قبل المركز وقسم آخر بعد المركز . ويختص القسم قبل المركز بالتحكم في الحركات الإرادية للعضلات ويسمي هذا الجزء بالمنطقة الحركية . نظرا لقدرته علي التحكم في العضلات الحركية . وترتب الخلايا العصبية في هذا الجزء بطريقة خاصة . حيث تحتوي المنطقة الحركية علي كل ناحية من المخ علي الخلايا العصبية التي تتحكم في عضلات الجسم للجهة الأخري . أي تتحكم الخلايا الموجودة في الجهة اليسري من المخ في عضلات الجهة اليمني من الجسم . ويعلل ذلك تغيير إتجاه الألياف العصبية إلي الناحية الأخري أثناء إمتدادها إلي الحبل الشوكي (إلي أسفل) . كما يلاحظ أيضا أن الخلايا التي تتحكم في عضلات الجزء الأسفل من الجسم توجد علي قمة هذه المنطقة . بينما توجد الخلايا التي تتحكم في عضلات الجزء العلوي في الجزء السفلي من هذه المنطقة . كذلك نجد أن أجزاء الجسم التي تقوم بحركات سريعة ومتقنة مثل الأصابع واللسان لها العديد من الخلايا التي تتحكم في عضلاتها . ولهذا السبب فإن أجزاء كبيرة من القشرة متخصصة لها . والعكس صحيح . أي أن العضلات التي تقوم بحركات خشنة حتي ولو كانت حركات كبيرة أو قوية فتتحكم فيها عدد أقل من الخلايا .

ويتصل الجزء من المخ بعد المركز (بعد شق رولاند) بالأعصاب التي تحمل التنبيهات العصبية من أعضاء الحس المختلفة والمنتشرة علي هذه المنطقة بالمنطقة الحسية كما هو الحال بالمنطقة الحركية . فإن كل منطقة حسية تخدم الناحية المقابلة لها من الجسم .

وتعرف حواس السمع والإبصار والشم والتذوق والإحساس بالحواس الخاصة (أو الحواس الخمسة) . وتختلف الدرجة التي تتطور بها كل منها إلي حد كبير بإختلاف نوع الحيوان . فحاسة الشم لدي الكلاب مثلا أقوي . وتتصل كل واحدة من أعضاء الحس الخاصة وهي العينان والأذنان والأنف ونتوءات التذوق في اللسان بالمخ عن طريق عصب متخصص في هذه الحاسة . وتعرف

هذه الأعصاب بالأعصاب المخية . حيث تنتهي هذه الأعصاب في مناطق معينة من قشرة المخ مخصصة لإستقبال الإحساسات التي تستقبلها كل من هذه الحواس . فالعصب البصري مثلا يحمل التأثيرات الضوئية من العينين إلي قشرة المخ حيث يتم في هذه المنطقة ترجمة هذه التأثيرات الضوئية (البصرية) . كما تصل الأعصاب السمعية القادمة من الأذنين بالمخ علي سطحه الأسفل حيث المنطقة السمعية .

أجـزاء المـخ : يتكون المخ من الأجـزاء الآتيـة :

١) النصفين الكرويين Cerebral hemisphers or Telencephalon : وتشمل التراكيب التالية

أ) قشرة الـمخ Cerebral cortex

ب) الجسم المخطط Corpus striatum

جـ) الفصين الشميين Thinen cephalon

٢) المـخ المتوسط أو سرير المـخ Diencephalon : ويتكون من

أ) الثالامـاس Thalams

ب) الميتاثالاماس Metathalams

جـ) الهيبوثالاماس Hypothalams

٣) سويقة المـخ Cerebral peduncle : وتشمل

أ) الغطـاء Tegmentum

ب) المادة السوداء Substantia nigra

جـ) النتوء القاعدي Basis peduculi

٤) المـخ الخلفـي Metencephalon : ويشمل

أ) المخيـخ Cerebellum

ب) قنطرة فارول Pons Varolii

٥) النخاع المستطيـل Medulla ablongata or Myelencephalon .

وسنقدم فيما يلي وصفا مختصرا لأهم هذه التراكيب .

أولا : النصفين الكرويين Cerebral hemisphers or Telencephalon :

يعتبر النصفين الكرويين من أكبر أجزاء المخ حيث يمتدان في الجهة العلوية له . وهما عديمي الإتصال بباقي أجزاء الجهاز العصبي المركزي حيث يتحدد إتصالهما بواسطة سويقة المخ

Cerebral Peduncle . ويتكون النصفين الكرويين من جزئين الأول خارجي ويسمي القشرة ويحتوي علي المادة الرمادية . بينما تسمي الداخلية بتحت القشرة وتحتوي علي المادة البيضاء . وتوجد في هذه المنطقة المراكز الحركية لعضلات الجسم الإرادية.

ثانيا : المـخ المتوسط أو سـرير المـخ Diencephalon

ويعتبر كل من الثالاماس والهيبوثالاماس من أهم أجزاء المخ المتوسط :

١) **الثالاماس Thalamus** : ويوجد أسفل البطين الثالث للمخ . ويتميز تركيبيا بإحتوائه علي العديد من المراكز العصبية التي تعتبر همزة الوصل في طريق الأعصاب الذاهبة إلي الأجزاء المختلفة من المخ حيث تنتهي عند تلك المراكز الألياف العصبية المتصلة بجميع أجزاء الجسم كما تنشأ منها خلايا عصبية أخري متصلة بأجزاء المخ المختلفة .ويؤدي ذلك إلي مرور معظم الأحاسيس العصبية علي الثالاماس ليتم تصنيفها وتوزيعها علي الأجزاء المختصة لمناطق المخ وعلي الأخص أجزاء قشرة النصفين الكرويين والمراكز العصبية الموجودة تحت القشرة وغيرها

٢) **الهيبوثالاماس Hypothalamus** : ويعتبر من التراكيب العصبية ذات الوظائف الفسيولوجية الهامة . حيث يقوم بتنظيم الكثير من الإنشطة الوظيفية لأجزاء متعددة من الجسم وتتميز خلايا الهيبوثالاماس بتجمعها في مجموعة من الأنوية المتخصصة في أنواع خاصة من التنظيم الوظيفي . تلك الأنوية هي :

أنويـــة الهيبوثالاماس :

١) **النواة الفوق بصرية Supra - optic nucleus (SON)** : وتوجد في الجهة الأمامية الجانبية للتقاطع البصري

٢) **النواة الجاربطينية Para - ventricular nuceus (PVN)** وتوجد مجاورة للبطين الثالث للمخ .

وتتشابه هاتين النواتين من الناحية التركيبية والوظيفية حيث يتركبان من مجموعة من أجسام خلايا عصبية تمتد محاورها إلي النخامية العصبية Neurohypophysis مكونة قنوات مميزة تعرف بالقنوات الهيبوثالامية النخامية Hypothalamo - hypophyseal tracts تنتهي عند النخامية العصبية .

٣) **النواة القبل بصرية Pre - optic nucleus** : وتوجد عند مقدمة النواة الفوق بصرية

٤) **الأنوية الخلفية للهيبوثالاماس Posterior hypothalamic nuclei** : وتشغل هذه الأنوية المنطقة الخلفية للهيبوثالاماس المجاورة لجدار البطين الثالث للمخ . وتتصل محاور خلايا تلك الأنوية بالنخاع المستطيل والقرون الجانبية للنخاع الشوكي

٥) الأنوية الدرنية السنجابية Nucleus tuber (NT) : وتتكون من مجموعة أجسام الخلاياالعصبية التي تنتهي محاورها عند الشريان النخامي الدرني (Tubero - hypophyseal artery) مكونة قناةتعرف بالقناة الدرنية النخامية (Tubero - hypophyseal tract) .

وظائف الهيبوثالاماس : للهيبوثالاماس العديد من الوظائف التي تنظم بعض الأنشطة الفسيولوجية يمكن تلخيصها فيما يلي :

١) وظائف هرمونية : وتتلخص فيما يلي :

١) لقد ثبت أخيرا أن الإفرازات الهرمونية للنخامية العصبية ما هي إلا إفرازات خاصة تتكون في نواتي الهيبوثالاماس الفوق بصرية والجاربطنية . ثم تنتقل إلي النخامية العصبية عن طريق القنوات الهيبوثالامية النخامية المتكونة من مجموع محاور خلايا تلك الأنوية .

٢) تقوم الهيبوثالاماس بإفراز عوامل هرمونية معينة منشطة أو منبهة للنخامية الغدية وتسمي هذه العوامل بعوامل الإفرازReleasing factors أو الهرمونات المنشطة لإفراز هرمونات النخامية Releasing hormones وهي عوامل متخصصة . بمعني أن لكل هرمون من هرمونات النخامية الغدية عامل إفراز خاص به .

٣) كما تفرز الهيبوثالاماس عوامل مثبطة inhibiting factors تعمل علي وقف إفراز بعض هرمونات النخامية الغدية .

٢) وظائف تنظيمية غذائية : وتتلخص فيما يلي :

١) يوجد بالهيبوثالاماس مركزان هما مركز الجوع ومركز الشبع . وينظمان معا كمية الطعام الذي يتناوله الحيوان . فمركز الجوع يعطي الحيوان الشعور بالجوع بينما يعطي مركز الشبع الشعور بالشبع . وينظم المركزان بطريقة توافقية فالعوامل المنبهة لمركز الجوع تثبط مركز الشبع والعكس صحيح .

٢) كما يقوم الهيبوثالاماس بتنظيم كمية الماء التي يتناولها الحيوان عن طريق النواة الفوق بصرية والنواة الجاربطنية .

٣) تنظيم الضغط الأسموزي للدم : ويتم ذلك بالطرق الآتية :

١) يعمل علي زيادة إفراز الهورمون المضاد لإدرار البول (Antiduiritic hormone) الذي يزيد معدل إعادة إمتصاص الماء من الأنيبيات الكلوية مما يدي إلي تثبيط مركز الشرب في الهيبوثالاماس فتقل كمية الماء المتناولة والعكس صحيح .

٣) تؤدي زيادة تركيز الأملاح في الدم وإرتفاع ضغطه الأسموزي إلي تنبيه مركز الشرب بالهيبوثالاماس فيزيد كمية الماء المتناولة .

وبهاتين الوسيلتين يتم حفظ الضغط الأسموزي للدم ثابتا .

٤) تنظيم درجة حرارة الجسم :

تعتبر الهيبوثالاماس من هذه الناحية ثرموستات الجسم . حيث يعمل علي حفظ درجة حرارة الجسم ثابتة في الحيوانات ذات الدم الحار . ووسيلة الهيبوثالاماس إلي ذلك هو العمل علي تنظيم وسائل الفقد والإنتاج الحراري بالجسم حتي يستمر حدوث التوازن الحراري بين كمية الحرارة الناتجة وكمية الحرارة المفقودة . أي تتساوي كمية الحرارة الناتجة مع كمية الحرارة المفقودة . فينبه إرتفاع درجة حرارة الجو الهيبوثالاماس لتعطي إشارات عصبية إلي مراكز فقد الحرارة لزيادة نشاطها وبالتالي يزداد كمية الفقد من الحرارة إلي الحد الذي يتم عنده التعادل الحراري . والعكس عند إنخفاض درجة حرارة الجو فإن ذلك يؤدي إلي تنبيه الهيبوثالاماس لإعطاء إشارات عصبية لتثبيط عمل مراكز فقد الحرارة وزيادة كمية الحرارة الناتجة .

٥) تنظيم نشاط الجهاز العصبي الذاتي :

تقوم الهيبوثالاماس بتنظيم عمل الجهاز العصبي الذاتي بشقية السمبثاوي والجارسمبثاوي .

٦) تنظيم النوم واليقظة :

وميكانيكية هذا التنظيم في منتهي التعقيد ولا مجال لإيضاحه لما له من إرتباط وثيق مع الكثير من العمليات الحيوية داخل الجسم مثل النشاط العضلي والتمثيلي ... وغيرها .

ثالثا : المخ الخلفي Metencephalon : ويشمل المخيخ وقنطرة فاروول .

١) المخيخ Cerebellum : يقع المخيخ خلف المخ ويتصل به بواسطة حزمتين كبيرتين من الألياف العصبية . ويشغل الجزء الأسفل من مؤخرة الجمجمة ويتكون المخيخ شأنه في ذلك شأن المخ من طبقة سطحية هي عبارة عن أجسام الخلايا العصبية (المادة الرمادية) تليها طبقة بيضاء هي عبارة عن محاور الخلايا العصبية الموجودة في الطبقة السطحية ويرتبط المخيخ بالنخاع المستطيل كما يرتبط أيضا بأجزاء المخ العلوية . ويوجد بالمخيخ أعصاب وارة (Afferent nerves) متصلة بالأذن

والعضلات المختلفة للجسم . لذا فإن من أهم وظائف المخيخ هو القيام لتنظيم وتنسيق النشاط العضلي للعضلات الإرادية في الجلد كما يؤثر علي وظائف الأحشاء الداخلية

٢) قنطرة فاروول Pons Varolii : وهي عبارة عن حزمة سميكة من الألياف العصبية تصل جانبي المخيخ وتمر عرضيا أمام النخاع المستطيل . وبقنطرة فاروول مركز عصبي خاص يقوم بتنظيم حركة جفون العين حيث يعمل علي إغلاقها في حالة وجود ضوء شديد . وتقوم قنطرة فاروول بتوصيل النبضات العصبية بين النصفين الكرويين مما يؤدي إلي تناسق حركة العضلات الموجودة علي جانبي الجسم . كما تقوم بربط الأجزاء العلوية للجهاز العصبي بالأجزاء السفلية منه . كما تربط تلك الأجزاء بالمخيخ .

رابعا : النخاع المستطيل Medulla oblongata :

يعتبر النخاع المستطيل الجزء الخلفي من المخ أو إمتداد الحبل الشوكي داخل تجويف الجمجمة . ويختلف النخاع المستطيل عن المخ من الناحية التركيبية حيث توجد المادة الرمادية (أجسام الخلايا العصبية) من الداخل بينما توجد المادة البيضاء (محاور الخلايا العصبية) من الخارج . وتتقاطع الخلايا العصبية الآتية من المخ مع بعضها عند مرورها في النخاع المستطيل في إتجاه مضاد حيث يؤدي إصابة أو تلف أي منطقة في الجهة اليمني من المخ إلي حدوث التأثير في الجانب الأيسر من المخ . ويحتوي النخاع المستطيل علي عدة مراكز عصبية لها تأثير منظم علي بعض أوجه النشاط الفسيولوجي بالجسم نذكر ملخصة فيما يلي :

المراكز العصبية الموجودة علي النخاع المستطيل :

١) مركز التنفس : الذي يتأثر بمدي الإختلاف في ضغوط غازات التنفس .

٢) مركز تنظيم عمل القلب : وهو عبارة عن نواة العصب الحائر (العاشر) ويسبب تنبيهه تنشيط عمل القلب .

٣) مركز تنظيم أقطار الأوعية الدموية : ويتأثر بمدي الإختلاف في ضغط الدم في الأوعية الدموية حيث ينظم إرتخاء أو إنقباض جدر الشرايين والأوعية الدموية .

٤) جزء من مركز تنظيم الهضم : الذي يشمل :

١) نواتي الأعصاب السابعة والتاسعة . ويسبب تنبيهها إفراز اللعاب

ب) نواة العصب الحائر (العاشر) الذي ينظم عملية البلع كما ينبه إفراز العصارات الهضمية للمعدة والبنكرياس .

٥) مراكز أخري : مثل مراكز القيئ . إفراز اللعاب . العطس . الكحة . الدموع . حركة الجفون

ثانيا : الحبل الشوكي والنخاع الشوكي

Spinal cord and Medulla spinalis

الحبل الشوكي عبارة عن حبل عصبي إسطواني يمر في قناة ناتجة من التجويف الموجود داخل فقرات العمود الفقاري حيث يحتوي في مركزه الأوسط علي قناة مركزية (Central canal) مملوءة بسائل خاص يعرف بالسائل المخي الشوكي Crebrospinal fluid وهو قريب الشبه بالبلازما .

أغشية الحبـــــــل الشـــــــوكي :

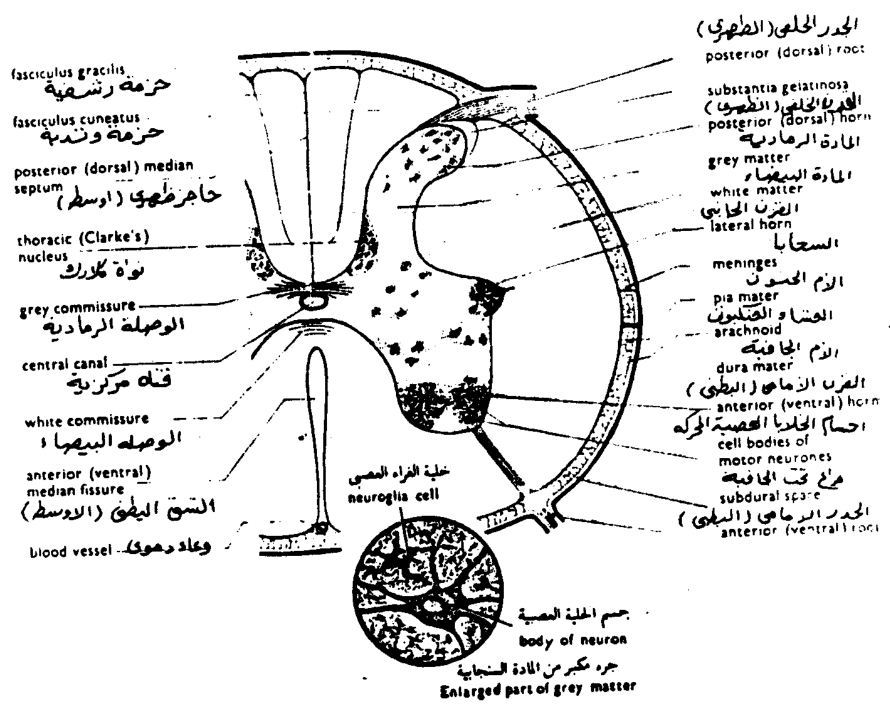
يحيط بالحبل الشوكي ثلاثة أغشية هي كالآتي من الخارج إلي الداخل :

١) الأم الجـــــافية Dura matter : وتقع ملاصقة لعظام الفقرات ومبطنة للجدار العظمي للحبل الشوكي ويتكون من نسيج ضام متين .

٢) الأم العنكبوتـــــة Arachnoidea : غشاء رقيق عنكبوتي يلي الأم الجافية .

٣) الأم الحنـــون Pia matter : يلي الأم العنكبوتية . يوجد ملتصقا بالمادة البيضاء للنخاع الشوكي . وهو غشاء رقيق تتخلله الأوعية الدموية المغذية للحبل الشوكي .

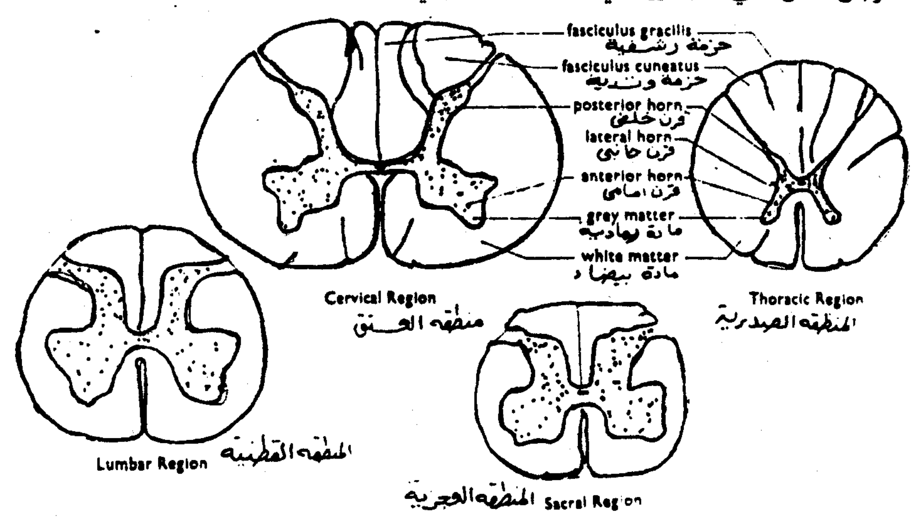
ويتشابه كل من النخاع الشوكي والنخاع المستطيل من الناحية التركيبية . فكلاهما يتكون من طبقتين تسمي الخارجية منها بالطبقة البيضاء (White matter) وهي المنطقة التي يتجمع فيها محاور الخلايا العصبية . أما الداخلية فتسمي المادة الرمادية (Grey matter) وهي التي تحتوي علي أجسام الخلايا العصبية . وتظهر هذه المنطقة علي شكل فراشة يوجد في وسطها القناة المركزية للنخاع الشوكي . وتنقسم أجنحة المادة الرمادية إلي أربعة قرون مميزة إثنان منها يعرفان بالقرنان الأماميان أو البطنيان Anterior or Ventral roots والإثنان الآخران فيسميان القرنان الخلفيان أو الظهريان Posterior or Dorsal roots . ويبين الشكل التالي قطاعا عرضيا في الحبل الشوكي مبينا عليه أجزاؤه :



ويختلف شكل الحبل الشوكي في القطاع العرضي كما تختلف النسبة بين كل من المادة الرمادية والبيضاء وشكل القرون الأمامية والخلفية تبعا لإختلاف مناطق الحبل الشوكي (العنقية ـ الصدرية ـ القطنية . العجزية) كما يتضح من الجدول التالي :

المنطقة	الشكل في القطاع العرضي	المادة البيضاء	المادة الرمادية
العنقية	كبير بيضي	كبيرة في كميتها	القرون الخلفية إسطوانية والأمامية عريضة .
الصدرية	صغير مستدير	كميتها معقولة	القرون الأمامية الخلفية إسطوانية
القطنية	أكبر من الصدري والجزء الأمامي أوسع من الخلفي.	قليلة	القرون الأمامية والخلفية عريضة
العجزية	صغير بيضي ضعيف وغالبا ما يكون محاطا بالقرون .	قليلة جدا	تسود المادة الرمادية والقرون الأمامية والخلفية عريضة

ويبين الشكل التالي أهم الفروق في تركيب الحبل الشوكي لمناطق الجسم المختلفة :



المراكز العصبية بالحبل الشوكي :

يوجد بالحبل الشوكي الكثيرمن المراكز العصبية المتخصصة . منها ما يتبع الجهاز العصبي المركزي ومنها ما يتبع الجهاز العصبي الذاتي . ويمكن تلخيص أهم هذه المراكز في الجدول التالي :

إسم المركز العصبي	مكان وجوده على الحبل الشوكي
أولا : مراكز تتبع الجهاز العصبي المركزي :	
مركز عضلات الشهيق	الفقرات العنقية الثالثة والرابعة .
مركز الأطراف الأمامية	الفقرة العنقية الخامسة وأول الفقرات الصدرية
مركز عضلات القفص الصدري	الفقرات الصدرية ويختص أيضا بعضلات الصدر
مركز الأطراف الخلفية	في المنطقة القطنية
ثانيا : مراكز تتبع الجهاز العصبي الذاتي :	
مركز عضلات العين	المنطقة العنقية
مركز إفراز العرق	المنطقة القطنية
مركز تغيير قطر الأوعية الدموية	المنطقة الصدرية
مركز التبول والتبرز والإنتصاب وقذف المني	المنطقة العجزية

ثالثا : الجهاز العصبي الطرفي

The Pripheral Nervous System

يتكون الجهاز العصبي الطرفي من مجموعة من الأعصاب المخية (Crinal Nerves) والأعصاب الشوكية (Spinal Nerves) .

أولا : الأعصاب المخية Crinal nerves :

وهي مجموعة من الأعصاب تنشأ من مناطق المخ (عادة ما تقع تحت سطحه السفلي). وهي لا تختلف في عددها كثيرا في الحيوانات إلا أن إختلافها بسيط في بعض السمات .

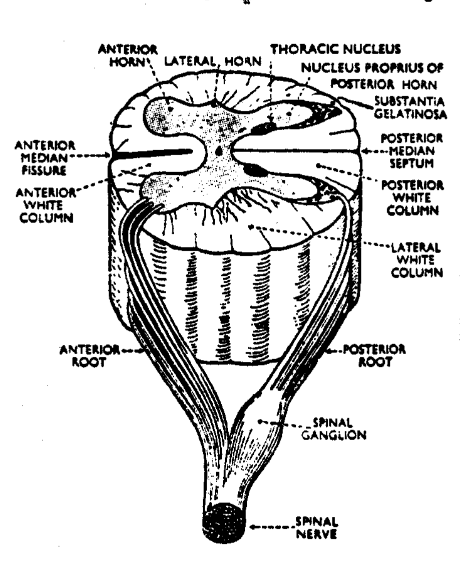
والجدول التالي يلخص الأعصاب المخية (من حيث نوعها وتأثيراتها)

رقمه	الإسم العربي	الإسم العلمي	نوعه	تأثيراته
١	الشمي	Olfactory	حسي	يحمل أحاسيس الشم من الغشاء المخاطي للأنف
٢	البصري	Optic	حسي	يحمل أحاسيس الرؤية من شبكية العين
٣	محرك العين	Oculomotor	محرك	ينظم عضلات العين المكيفة وعضلات الحدقية
٤	البكري	Trochlear	محرك	ينظم حركة عضلات الحدقية الخلفية
٥	التوأمي الثلاثي	Trigeminal	مختلط	يحتوي علي ألياف حسية من الوجه وألياف حركية تتحكم في عضلات المضغ
٦	المبعد	Abductor	محرك	ينظم حركة عضلة العين الخارجية المستقيمة
٧	الوجهي	Facial	مختلط	تمد أليافه الحركية عضلات التعبير في الوجه وعضلات عديدة أخري في الرقبة وتحمل أليافه الحسية أحاسيس التذوق في مقدمة اللسان .
٨	السمعي	Auditory	حسي	يتكون من جزلين : ١) العصب القوقعي Cochlear الذي يحمل أحاسيس السمع من قوقعة الأذن . ٢) العصب الدهليزي Vestibular الذي يحمل المعلومات الخاصة بوضع الرأس وطبيعة حركتها من دهليز الأذن .

٩	اللساني البلعومي	Glossopharyngeal	مختلط	ويمد عضلة واحدة في الرقبة ويحمل الأحاسيس من اللسان والبلعوم .
١٠	الحائر	Vagus	مختلط	عصب هام . جزء من الجهاز العصبي التلقائي . ويمد القلب والرئتين والأمعاء والحنجرة.
١١	التابع	Accessory	محرك	يغذي عضلات معينة في الرقبة والكتف .
١٢	التحت لساني	Hypoglossal	محرك	يتحكم في عضلات اللسان .

ثانيا : الأعصاب الشوكية Spinal nervea :

من الجدول السابق رأينا أن معظم الأعصاب المخية - ما عدا العصب الحائر (العاشر) - يتحدد إنتشارها في المنطقة العليا من الجسم (الدماغ والرقبة) أما بقية أجزاء الجسم فيتم تغذيتها عصبيا بواسطة الأعصاب الشوكية . ولجميع الأعصاب الشوكية وظائف مختلطة أي أنها أعصاب حسية ومحركة معا . وتنبع الأعصاب الشوكية (Spinal nerves) من النخاع أو الحبل الشوكي(Spinal cord) . حيث يتكون كل عصب من جذرين الجذر الأمامي (Anterior root) والجذر الخلفي (Posterior root) اللذان ينشأن من القرن الأمامي (Anterior horn) والقرن الخلفي (Posterior horn) للمادة الرمادية (grey matter) علي الترتيب .



ويتكون الجذر الأمامي للعصب الشوكي من ألياف عصبية تأتي من القرن الأمامي للمادة الرمادية للنخاع الشوكي وهي عبارة عن ألياف عصبية محركة أما الجذر الخلفي فينبع من القرن الخلفي للمادة الرمادية ويتكون من ألياف حسية ويوجد بروز أو إنتفاخ صغير علي الجذر الخلفي يسمي عقدة الجذر الخلفي Posterior root ganglion أو العقدة الشوكية (Spinal ganglia) التي تتكون من أجسام الخلايا العصبية التي تكون ألياف عصبية حسية . ويلتحم الجذران داخل القناة الشوكية ليكونان عصبا شوكيا مختلطا يغادر القناة الشوكية خلال القناة بين الفقرات ويمكن تصوير ذلك بالشكل المقابل :

ونورد فيما يلي المعني العربي للأجزاء الأخري التي وردت أسماؤها بالإنجليزية في الرسم السابق :

الإسطوانه الخلفية للمادة البيضاء	=	Anterior white column
الإسطوانة الأمامية للمادة البيضاء	=	Posterior white column
الإسطوانة الجانبية للمادة البيضاء	=	Lateral white column
الشق الوسطي الأمامي	=	Anterior median fissure
الحاجز الوسطي الخلفي	=	Posterior median septum
المادة الجيلاتينية	=	Substantia gelatinosa

وينقسم كل عصب شوكي بعد ذلك إلي فرعين الأول صغير ينحني إنحناء شديدا للخلف ويسمي الفرع الأول الخلفي (Posterior primary ramus) الذي يحتوي علي ألياف حسية ومحركة معا . ينقسم هذا الفرع إلي فروع صغيرة متعددة تمد عضلات وجلد الظهر . أما الفرع الثاني فطويل ويسمي الفرع الأول الأمامي (Anterior primary ramus) وهو يحتوي علي ألياف محركة وألياف حسية مختلطة . يمر هذا الفرع إلي الأمام في الأنسجة منقسما إلي فروع صغيرة عديدة تمد عضلات وجلد الجزء الأمامي من الجسم . وتكون الفروع الأمامية هذه ضخمة في المنطقة أسفل الرقبة وفي المنطقة القطنية . تلتحم هذه الفروع في تلك المناطق مكونة ضفائر عصبية Nerve plexues تنبع منها سلاسل من الأعصاب الكبيرة التي تمد العضلات بالألياف المحركة وتمد الجل بالألياف الحسية في الأطراف العليا والسفلي .

وتنقل الألياف الحسية للأعصاب الشوكية أحاسيس اللمس والألم من الجلد إلي النخاع الشوكي حيث يتم تحويلها إلي المخ لترجمتها وتصنيفها . كما تنقل الأعصاب الشوكية الأفعال الإنعكاسية القادمة من المخ إلي النخاع الشوكي حيث يتم نقلها إلي العضلات المحركة المختلفة

ثالثا : الجهاز العصبي الذاتي (التلقائي)
Autonomic Nervous System

تعمل بعض أجزاء الجسم بطريقة تلقائية . فلا يمكن للعقل الواعي التحكم فيها تماما . فينقبض إنسان العين مثلا حماية لشبكية العين الدقيقة عندما يشعر الفرد مثلا بضوء شديد واقع علي العينين . ويزداد معدل ضربات القلب بعد القيام بمجهود شديد وشاق حتي يستطيع القلب أن يمد العضلات بالدم في هذه الأحوال . وتنشط جميع غدد الجهاز الهضمي بعد تناول الطعام حتي يتم هضمه . ولكن كل هذه العمليات ليست مستقلة عن تحكم الأعصاب فيها بل أنها تتم كلها تحت التأثير

المنظم للجهاز العصبي الذاتي أو التلقائي . الذي هو عبارة عن شبكة من الأعصاب التي . وإن كانت تعمل بصورة غير واعية - إلا أنها جزء من االجهاز العصبي للجسم . وإلي جانب العينين والقلب والجهاز الهضمي فإن الجهاز العصبي يتحكم في كل جزء من أجزاء الجسم التي تعمل بطريقة تلقائية مثل التنفس وضغط الدم وإفراز البول وإنقباض المثانة وحركة الأمعاء ... الخ .

وتحتوي أعصاب الجهاز العصبي الذاتي . شأنها في ذلك شأن الأعصاب التي تمد الجلد والعضلات والأطراف . علي ألياف حسية وأخري محركة . إلا أنه لا ينتج عن النبضات والتأثيرات العصبية الحسية التي تحملها هذه الأعصاب إلي المخ والنخاع الشوكي أي أحاسيس واعية Conscious sensation. إلا أنها تحدث مجرد إستجابة حركية ملائمة تنتقل عن طريق الألياف الحركية للتحكم في مختلف أعضاء الجسم . وتوجد هذه النبضات لعصبية علي نوعين .حيث ينقسم الجهاز العصبي التلقائي إلي جزئين :

أولهما : يسمي بالجهاز العصبي السمبثاوي Sympathatic Nervous System

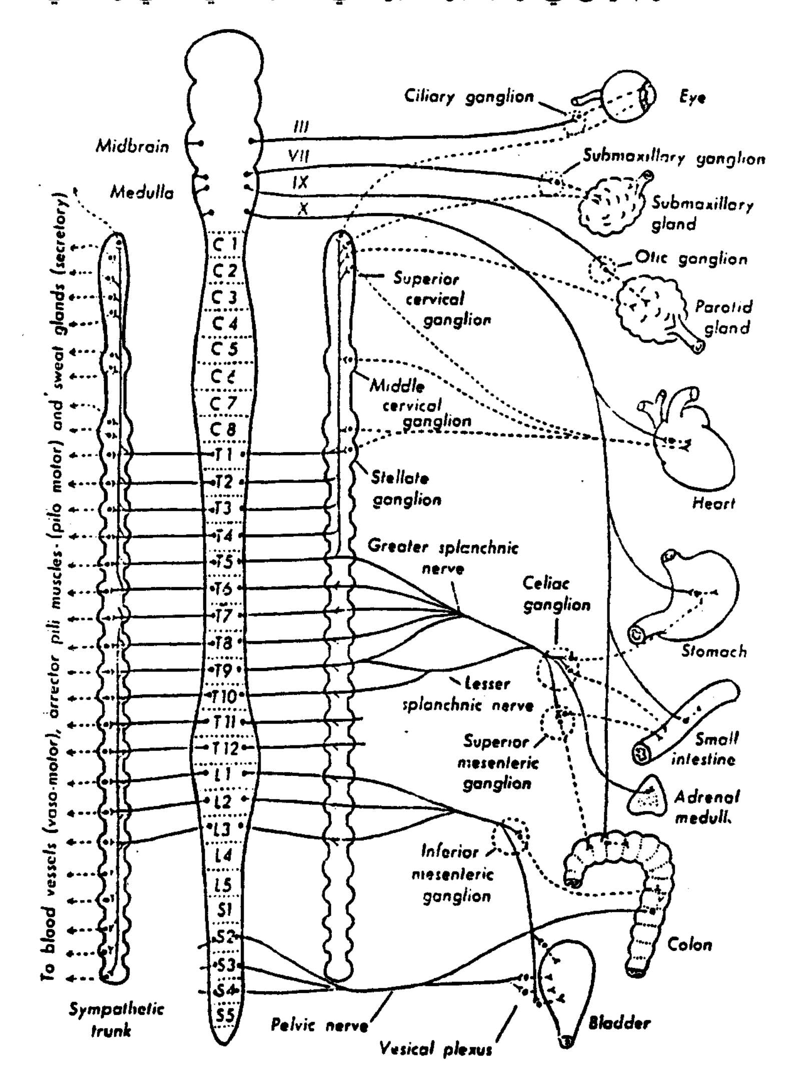
وثانيهما : يسمي بالجهاز العصبي الجارسمبثاوي أو الحامي Parasympathatic Nervous System

وهما يصدران تنبيهات عصبية تسبب كل منها أفعال مختلفة عن الأخري . ويضاد تأثير تنبيهية الأعصاب السمبثاوية علي الأعضاء المختلفة تأثير الأعضاء الجارسمبثاوية إذا نبهت . كما يلاحظ درجة التشابه الغريبة بين الأعصاب السمبثاوية وهرمون الأدرينالين (Adrinalin) المفرز من نخاع غدة فوق الكلية كما تتشابه تأثير الأعصاب الجارسمبثاوية مع الأسيتيل كولين (Acetyl cholin) .

وتنبع الأعصاب السمبثاوية من كل عصب شوكي صدري (Thoracic spinal nerve) وكذلك من العصبين القطنيين الأول والثاني , وتمر هذه الأعصاب السمبثاوية للخارج مكونة سلسلة من الإنتفاخات أو العقد (Ganglia) علي جانبي العمودالفقاري وتنبع الأعصاب السمبثاوية من هذه العقد .

ويصور الشكل التالي الجهاز العصبي الذاتي أو التلقائي (المسارات الصادرة Efferent pathways) . ويبين الرسم في جهته اليسري الأعصاب المتجهة إلي الأوعية الدموية (Blood vessels) والعضلات الناصبة للشعر (errector pili muscles or pilo motor) والغدد العرقية (Sweat glands) . أما في الجهة اليمني من الرسم فقد بينا الأعصاب الصادرة للأعضاء الأخري . وتمثل الأعصاب المرقمة بالأرقام اللاتينية (III , VII , IX , X) بالإضافة إلي العصب الحوضي (Pelvic nerve) الأعصاب السمبثاوية أما الأعصاب الباقية فتمثل الأعصاب الجارسمبثاوية . ولقد رسمت الألياف العصبية القبل عقدية أو الـ

(Postganglionic nerve بخط متصل بينما رسمت الألياف العصبية البعد عقدية (Preganglionic nerve fibers
fibers) بخط منقط . ولم نوضح في الرسم الجزء الهيبوثالامي للجهاز العصبي الذاتي أو التلقائي .



ويتكون الجهاز العصبي الباراسمبثاوي من مجموعتين مختلفتين تماما وهما :

المجموعة الأولي : وتسمي بالمسري الدماغي (الجمجمي) Cranial gutflow :

وتتكون من ألياف تتضمنها الأعصاب الآتية التي تغذي كل من العينين والغدة التكفية وغدة تحت اللسان والغدة تحت الفك والقلب والرئتين والكبد والطحال والبنكرياس والكلية والأمعاء :

١) حركة العين Occulomotor ٢) الوجهي Facial ٣) اللساني الحلقي Glossopharyngeal

٤) الحائر Vagus ٥) التابع Accessory

المجموعة الثانية : وتسمي بالمسري العجزي Sacral gutflow :

وهي تنبع من الأعصاب العجزية الثاني والثالث والرابع . وهي أصغر بكثير من المجموعة الأولي . وتغذي أعصاب هذه المجموعة المستقيم والمثانة البولية .

الفرق بين تأثير كل من الأعصاب السمبثاوية والجارسمبثاوية : يبين الجدول التالي أهم هذه الفروق

العضو	تأثير الأعصاب السمبثاوية	تأثير الأعصاب الجارسمبثاوية
العينان	يوسع حدقة العينين	يضيق حدقة العينين
الغدد اللعابية	يثبط إفراز اللعاب	ينبه إفراز اللعاب
القلب	يسرع من نبض القلب	يبطئ من سرعة القلب
الرئتان	يوسع المسالك التنفسية	يضيق المسالك التنفسية
الكبد	يزيد من نشاط الكبد	يقلل من نشاط الكبد
المعدة	يقلل من حركة المعدة وإفرازها	يزيد من حركة المعدة وإفرازها
الطحال	يعمل علي إنقباض الطحال	يسمح للطحال بالإرتخاء
البنكرياس	يقلل إفراز العصارة البنكرياسية	يزيد من إفراز العصارة البنكرياسية
الأمعاء	يقلل من حركة الأمعاء وإفرازها	يزيد من حركة الأمعاء وإفرازها
الكلي	يقلل من إفراز البول	يزيد من إفراز البول
المثانة البولية	يرخي عضلة المثانة	يقبض عضلة المثانة

أهم مميزات الجهاز العصبي التلقائي :

١) تكون التنبيهات العصبية لأعصاب للجهاز العصبي التلقائي غير واعية لا يمكن الشعور بها أو التحكم فيها لعدم وجود إرتباط مباشر بين هذه الأعصاب الحسية والنصفين الكرويين بالمخ .

٢) يضاد تأثير الأعصاب السمبثاوية تأثير الأعصاب الجارسمبثاوية كما يتبين من الجدول السابق .

٣) لا تأتي التنبيهات العصبية القادمة من المخ إلي الأعصاب عبر العصب الذاتي عن طريق خلية عصبية واحدة بل تأتي عبر خليتين عصبيتين الأولي منها عند العقدة العصبية ويكون جسمها بالمخ أو الحبل الشوكي وتسمي الخلية القبل عقدية (Preganglionic cell) أما الثانية فيوجد جسمها في العقدة العصبية وتمتد زوائدها إلي الأعضاء المؤثرة وتسمي بالخلايا البعد عقدية (Postganglionic cells) .

أنواع الأنسجة المكونة للجهاز العصبي :

في كل جزء من أجزاء الجهاز العصبي يمكن إيجاد عدة أنسجة : منها ما كان عصبيا وذووظيفة إحساسية . ومنها ما كان ذو وظيفة مساعدة للنسيج العصبي الأساسي .ويمكن تقسيم الأنسجة المكونة للجهاز العصبي إلي ثلاثة أنواع هي :

١) النسيج العصبي الأساسي True nervous tissue : وهو النسيج الذي تكون وحداته البنائية عبارة عن خلايا عصبية أو نيورون Neuron والتي تتميز بوجود زوائد مختلفة هي المحور Axon والزوائد الشجيرية Dendrites .

٢) النسيج البيني للجهاز العصبي Interstitial tissue of the nervous system : ويشمل بيئة أو عنصر الغراء العصبي (Glial element) .

٣) النسيج الضام الأصلي Connective tissue proper : ويشمل السحايا (Meninges) وأغلفة الأوعية الدموية المغذية والمرتبطة للأجزاء المختلفة من الجهاز العصبي .

ولما كان النسيج العصبي الأساسي هو أهم الأنسجة المكونة للجهاز العصبي لذا سيقتصر كلامنا هنا عليه دون غيره من النوعين الآخرين من الأنسجة .

النسيج العصبي الأساسي :

يتركب النسيج العصبي الأساسي كما سبق أن ذكرنا من وحدات بنائية خلوية تعرف بالنيورون (Neurones) أو الخلايا العصبية . وتتركب الخلية العصبية أو النيورون من جزء أساسي يسمي بجسم الخلية الذي يحتوي علي النواة (Perikaryon) . ويوجدجسم الخلية في المادة الرمادية (Grey matter) بالمخ والحبل الشوكي كما توجد في عقد الأعصاب المخية والشوكية . ويختلف حجم جسم الخلية من الصغير كما في الخلايا الحسية في المخيخ (Cerebellum) والتي يبلغ قطرها حوالي ٥ميكرون إلي الخلية العصبية الكبيرة المحركة والموجودة في القرن الأمامي للمادة الرمادية للنخاع الشوكي والتي يصل قطرها إلي حوالي ١٣٠

ميكرون . كما يختلف جسم الخلية العصبية في الشكل من المستدير إلي الكمثري إلي عديد الزوايا والتي يختلف عدد زواياها حسب عدد وكمية الزوائد التي تخرج من جسم الخلية العصبية . كما تختلف بإختلاف نوع التراكيب المجاورة لها . وتوجد بالخليةالعصبية زائدة واحدة علي الأقل تسمي بالمحور (Axon) الذي يكون محور الألياف العصبية الغمدية وغير الغمدية . وينقل المحور النبضات العصبية من الخلية العصبية إلي خارجها . كما توجد زوائد أخري تقوم بنقل النبضات العصبية داخل الخلية . وعادة ما تكون تلك الزوائد قصيرة ومرتبطة إرتباطا وثيقا بالخلية وتعرف هذه الزوائد بالزوائد الشجيرية (Dendrites) . ولتعددأنواع وأشكال الخلايا العصبية ولإختلاف وظائفها الحسية تعددت طرق تصنيفها .

تصنيـــف الخلايا العصبيـــة : تصنف الخلايا العصبية تبعا لثلاثة أسس هي :

١) من الناحية الشكلية أو التركيبية .

٢) حسب طول محاورها .

٣) تبعا لوظيفتها داخل الجهاز العصبي .

أولا : تقسيم الخلايا العصبية من الناحية الشكلية أو التركيبية :

ويتم التقسيم في هذه الحالة حسب عدد الزوائد التي تحملها كل خلية . وتنقسم الخلايا العصبية تبعا لهذا الأساس إلي أربعة مجاميع هي :

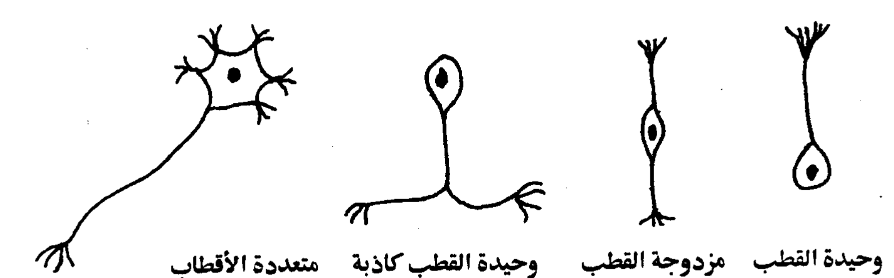
١) الخلايا وحيدة القطب Unipolar cells : وتحتوي علي المحور فقط ولا يوجد لها أي زوائد أخري غير المحور .

٢) الخلايا ثنائية القطب Bipolar cells : وهي خلايا مغزلية الشكل تحتوي علي المحور عند أحد قطبيها كما تحتوي علي زائدة شجيرية واحدة عند قطبها الآخر . وتوجد هذه الخلايا في شبكية العين .

٣) الخلايا وحيدة القطب الكاذبة Pseudo - unipolar cells: وتعتبر خلية عصبية ثنائية القطب غير مثالية . توجد في العقد الشوكية وفي العقد العصبية للأعصاب المخية . وتنشأ في البداية كخلية ثنائية القطب مغزلية الشكل ولكنها بعد ذلك تتقارب زوائدها حتي تتقابل عند أحد قطبي الخلية حيث يستطيل هذا الإلتقاء بعد ذلك ثم يتفرع إلي فرعين متخذا شكل حرف (T) حيث تمثل إحدي نهايتي هذا الحرف الزوائد الشجيرية وتمثل الأخري المحور .

٤) الخلايا عديدة الأقطاب Multipolar cells : وهي التي تحمل المحور عند أحد أقطابها كما تحمل العديد من الزوائد الشجيرية التي تكون كل منها قطب للخلية تنشأ منها هذه الزوائد وتختلف عدد أقطاب هذه الخلايا بإختلاف وضع وعدد الزوائد الشجيرية التي تحملها .

وفيما يلي رسما تخطيطيا يوضح هذه الأنواع الأربعة من الخلايا العصبية



ثانيا : تقسيم الخلايا العصبية حسب طول محاورها :

١) خلايا جولجي من النوع الأول Golgi type I : محاورها طويلة تمتد إلي خارج المادة الرمادية التي توجد بها جسم الخلية . وتكون هذه الخلايا معظم الخلايا العصبية المكونة للأعصاب الطرفية .

٢) خلايا جولجي من النوع الثاني Golgi type II : محاورها قصيرة لا تمتد إلي أكثر من حدود المادة الرمادية التي يوجد بها جسم الخلية . ويوجد هذا النوع من الخلايا في قرنية العين .

ثالثا : تقسيم الخلايا العصبية حسب وظيفتها :

١) الخلايا العصبية الحسية Sensory nerve cell :

وهي الخلايا المسئولة عن إستقبال المنبهات العصبية وإرسالها إلي الجهاز العصبي المركزي وتعتبر خلايا العقد الشوكية أحسن مثلا لهذا النوع من الخلايا .

٢) الخلايا العصبية المحركة Motor nerve cells :

وهي المسئولة عن الإحساس والتنظيم للجهاز العضلي وتوجد في مناطق معينة من قشرة المخ كما توجد في المادة الرمادية للقرن الأمامي للنخاع الشوكي .

٣) الخلايا العصبية الوسطية Intercalated or Interneuron :

وتقع في الطريق العصبي بين كل من الخلايا الحسية والخلايا المحركة .

تركيب الخليـــة العصبيـــة

تتركب الخلايا العصبية كأي خلية أخري من خلايا الجسم من النواة والسيتوبلازم :

أولا : النـــواة :

وهي كبيرة مستديرة تقع عادة في منتصف السيتوبلازم .وتختلف في الحجم حسب حجم الخلية ودرجة نشاطها . وتعتبر نواة الخلية العصبية من أحسن الأنوية عامة التي تستخدم لمشاهدة الكروموزومات الجنسية الأنثوية والتي تبدو كجسم قابل للصبغ يوجد بالقرب من الغشاء النووي . أما الكروموزومات الذكرية فمن الصعب رؤيتها تحت الظروف الضوئية العادية للفحص . وتتوزع جزيئات الكروماتين في النواة توزيعا دقيقا . كما تبدو النويات باهتة فارغة عند الصبغ بالصبغات القاعدية مثل الثيونين (Thionin) . وعموما توجد في نواة الخلية العصبية نوية أو نويتان .

ثانيا : السيتوبـــلازم : يحتوي سيتوبلازم الخلية العصبية علي التراكيب الآتية :

١) **ألياف عصبية خيطية Neurofibrils :** توجد في أجسام الخلايا العصبية وتمتد في كل زوائدها .وبعض هذه الخيوط رقيقة وبعضها سميكة . وتختلف درجة السمك الحقيقية لهذه الخيوط بإختلاف درجة نشاط الخلية العصبية . وتوجدهذه الألياف في جسم الخلية علي شكل شبكة .

٢) **أجسام نسل Nissel bodies :** وهي عبارة عن كتل صغيرة من موادحبيبية توجد في معظم الخلايا العصبية لها قابلية للصبغ بالصبغات القاعدية . وهي مرئية في الخلايا العصبية الحية . ولقد أوضحت الدراسات الهستوكيميائية غني أجسام نسل بحمض الـ (RNA) . ولا توجد هذه الأجسام في المنطقة التي تحيط بالنواة مباشرة كما لا توجد في مكان نشوء المحور (Axon Hillck) ولكنها قد تمتد داخل الزوائد الشجيرية . وتختلف كمية أجسام نسل حسب حجم الخلية ودرجة نشاطها الوظيفي . وقد لا تحتوي الخلايا العصبية الصغيرة للجهاز العصبي المركزي علي تلك الأجسام .

٣) **الميتوكوندريا Mitochondria :** وهي حبيبات عصوية أو مستديرة توجد في كل الخلايا العصبية . ويمكن رؤيتها عند معاملة الخلية العصبية بصبغات الـ Supervital staining . وتوزع الميتوكوندريا في كل جسم الخلايا وزوائدها . وتكثر في نهايات الأعصاب . وقد تكون الميتوكوندريا أكثر المكونات في المحاور والزوائد الشجيرية للخلايا .

٤) أجسام جولجي Golgi apparatus : يمكن فحص أجسام جولجي بالطرق الخاصة من التثبيت والصبغ وذلك في كل الخلايا العصبية . حيث تبدو كشبكة من خيوط تامة التشابك تختلف في ترتيبها في جسم الخلية وتمتد في الزوائد الشجيرية ولكنها لا تمتد في المحاور .

٥) السنتريول Centriol : يوجد في الخلايا العصبية علي الرغم من عدم قابليتها للإنقسام . غير أنه لا يمكن مشاهدته إلا بالميكروسكوب الضوئي .

٦) الصبغات Pigments : يمكن مشاهدة نوعين من الحبيبات الصبغية في الخلايا العصبية

١) صبغة الميلانين Melanin : موجودة علي هيئة حبيبات بنية غامقة أو سوداء في بعض الخلايا العصبية .

٢) صبغة الليبوكروم Lipochrom : ذات اللون الأصفر أو البرتقالي . وتوجد في بعض الخلايا وتزداد هذه الحبيبات الصبغية بتقدم العمر حيث يعتقد أنها من نواتج النشاط التمثيلي للخلايا العصبية .

٧) الإفرازات العصبية Neuro - secretory materials : تحتوي الخلايا العصبية للنواة الفوق بصرية والنواة الجاربطنية للهيبوثالاماس علي حبيبات صبغية معينة . وهي لا توجد فقط في أجسام الخلايا العصبية لهذه الأنوية بل تمتد أيضا إلي محاورها التي تنتهي في النخامية العصبية . وهناك من الأدلة ما يشير إلي أن هذه المواد عبارة عن طلائع لهرمونات النخامية العصبية

ثالثا : الغشاء السيتوبلازمي : يشبه مثيله في الخلايا العادية .

رابعا : زوائد الخلايا العصبية :

١) الزوائد الشجيرية Dendrites : وتقوم بنقل النبضات العصبية داخل الخلية . وتختلف كثيرا في الحجم والتكوين . ويمكن التمييز بين تلك الزوائد والمحور في أنها تحتوي علي كل من الميتوكوندريا وأجسام نسل . وكثير ما نشاهد تفرعات لها لعدة مرات تختلف حسب نوع الخلية العصبية .

٢) المحور Axon : : وهو زائدة طويلة تقوم بنقل النبضات العصبية من الخلية العصبية إلي خارجها . ويوجد محور واحد لكل خلية عصبية يخلو من أجسام نسل ولكنه يحتوي علي ألياف عصبية وميتوكوندريا .

الأليـــاف العصبيـــة

Nerve fibres

تتكون الألياف العصبية من مجموعة مـن محـاور الخلايا العصبية مغلفة بغلاف أو غمد خـاص .

وهي علي نوعين :

١) الألياف العصبية النخاعية Mylinated nerve fibres .

٢) الألياف العصبية الغير نخاعية Unmylinated nerve fibres .

وتتكون المادة البيضاء (White matter) للجهاز العصبي المركزي غالبا من الأليـاف العصبيـة النخاعيـة . بينمـا تتكـون الأعصـاب المخية والأعصـاب الشـوكية ومعظـم الأليـاف العصبيـة الذاتيـة أو التلقائية (Autonomic fibres) وعلي الأخص تلك البعدعقدية من النوع الغير نخاعي . ويعتبر المحور في كلا النوعين من الألياف العصبية المكون الأساسي لليفة .

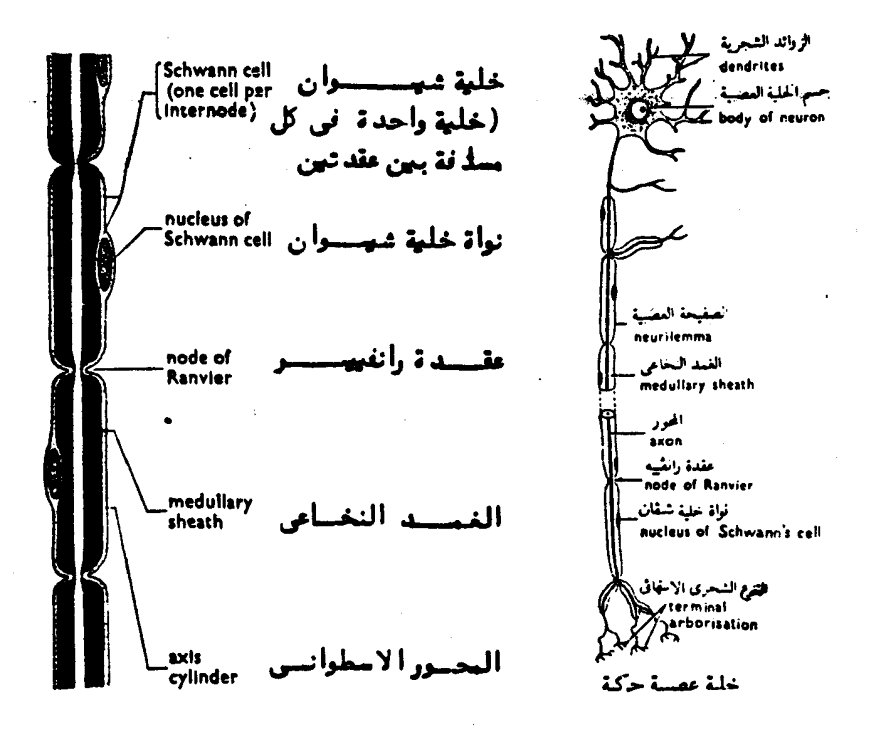
أولا : الألياف العصبية النخاعية أو الغمدية Myelinated, Medulated or white nerve fibres :

تتكون الليفة العصبية أساسا من لب أساسي هو المحور محاط بغمد يعرف بالغمد النخـاعي (Myelin sheath) الـذي يكـون محاطا بغمـد رقيـق مـن سيتوبلازم خلايـا شـيوان (Shwann cells) المفلطحـة ذات النـواة . ويختفي الغمـد النخـاعي عنـد النهايـات الطرفيـة لليفـة العصبيـة . ويحيـط بخلايا شيوان ويلتصق بها تماما غشاء رقيق من نسيج ضام يعرف بغمد العصب (Neurolemma) يتكون مـن غـلاف أو غمـد الأليـاف العصبيـة (Endoneurium) للعصـب . ويتكـون الغمـد النخـاعي مـن ليبوبروتينـات (Lipoproteins) ويبـدو أبيضـا في حالتـه الطبيعيـة حيـث يعطـي للعصـب لونـه الأبيـض المميز له . وفي الأليـاف العصبيـة الطرفيـة ينقطـع الغمـد النخـاعي علـي فـترات منتظمـة تعرف بعقد رانفيير (Nods of Ranvier) حيث تبدو كإختناقات علي الليفة عند فحصها بالميكروسكوب الضوئي . وتعتبر عقد رانفيير هذه هي إتصالات بين سيتوبلازم خلايا شيوان المتجاورة . ويزيد الغمد النخاعي مـن قطر الليفة العصبية كمـا أنـه يزيـد مـن سـرعة توصيـل النبضـات العصبيـة خـلال الليفـة العصبيـة وبالتالي يقلل من وقت الإستجابة للمؤثرالعصبي .

ثانيا : الألياف العصبية الغير نخاعية أو الرمادية Non - myelinated or Grey nerve fibres :

وهي ألياف لا تحتوي علي نخاع (Myelin) . بل يلتصق سيتوبلازم خلايا شيوان بالصفيحة العصبية مباشرة . وتقوم خلايا شيوان . علي ما يبدو . بالتغذية أو ببعض نواحي التمثيل الغذائي لليفة العصبية .

والرسم التالي يبين تركيب الليفة العصبية المغمدة :



من كل ما تقدم نري أن الليفة العصبية (المحـور) إمـا أن تغطي بنـوع واحـد مـن الأغلفة وهو سيتوبلازم خلية شيوان مكونا ما يسمي بغمد العصب أو الـ (Neurolemma) في الأليـاف العصبية الغير نخاعية . أو أن تغطي بنوعين مـن الأغلفة وهـو الغمـد النخاعي (Myelin) بالإضافة إلي غمد العصب (Neurolemma) كما في الأليـاف العصبية النخاعيـة . ولكـل غـلاف مـن هـذه الأغلفة وظيفة محددة يمكن تلخيصها فيما يأتي :

وظيفة الغمد النخاعي :

١) زيادة سرعة توصيل النبضات العصبية وتقليل وقت الإستجابة للمنبه العصبي .

٢) عزل الليفة العصبية عن الليفة المجاورة لها حتي لا ينقل إليها تأثير المنبه العصبي .

وظيفة غمد العصب :

١) يقوم بعملية التغذيةوالناط التمثيلي لليفة العصبية .

٢) يقوم بتجديد الليفة إذا إستدعي الأمر .

النهايات العصبية

Nerve endings

تنتهي الأعصاب إما عند خلية عصبية معينة أو عند عضلة من العضلات الهيكلية أوعضلة لاإرادية . وإما أن تكون هذه النهايات العصبية علي صورة حرة هي عبارة عن نهاية غير محورة للمحور أو تكون نهاية متخصصة لها وظيفة معينة . وتعتبر النهايات الحساسة مسئولة عن التنبيه . حيث ينتقل هذا التنبيه عن طريق نبضات عصبية معينة للجهاز العصبي المركزي . بينما تعتبر النهايات العصبية المحركة هي الناقلة للنبضات العصبية من الجهاز العصبي المركزي إلي الأنسجة المستجيبة لفعل المؤثر العصبي .

والنهايات العصبية المتخصصة علي قدر كبير من التنوع والتعقيد . ولكننا سنحاول فيما يلي شرح أكثرها شيوعا وبصفة مختصرة .

١) **الإقتران العصبي (The synapse) :**

وهو عبارة عن إتصال نهاية محور إحدي الخلايا العصبية بالزوائد الشجيرية للخلية العصبية الأخري . وينتقل عن طريق هذا الإقتران النبضات العصبية من إحدي الخلايا العصبية إلي الخلية الأخري التي تليها . ويبو الإتصال في هذه الحالة كحلقات أو إنتفاخات تعرف عادة بالنهايات البرعمية (Boutons berminoux) . ولا يوجد إتصال سيتوبلازمي عند الإقتران العصبي . ولكن يحتوي الإقتران العصبي علي الميتوكوندريا . كما يحتوي علي غشاء غني بالأوعية التي تعرف بالحويصلات الإقترانية (Synaptic vesicle) والتي يعتقد أنها تحتوي علي مواد ناقلة لإحساس العصبي . هذه المواد عبارة عن الأسيتيل كولين (Acetyl cholen)

والكاتيكولامينات (catecholamines) مثل الإبينفرين والنورإبينفرين . وتؤدي تلك المواد عند إنسيابها من نهاية الإقتران العصبي إلي إنتقال النبضات العصبية من خلية إلي أخري .

٢) نهاية الأعصاب الحسية (Sensory nerve endings) :

والألياف العصبية في هذه الحالة هي عبارة عن الزوائد الشجيرية للخلايا العصبية والنهايات الشجيرية لمحاور تلك الخلايا . وقد تكون نهاية الأعصاب الحسية حرة أو منغمسة إنغماسا معقدا في عضو من الأعضاء . وتختص النهايات العصبية الحرة في هذه الحالة بالإحساس بالألم والضوء والتنبيه الكيميائي . وتنتهي النهايات العصبية الحسية أما في العضلات أو في الأوتار أو في الأنسجة الطلائية أو الضامة .

٣) نهاية الأعصاب المحركة (Effector nerve endings) :

والألياف العصبية في هذه الحالة عبارة عن محاور الخلايا العصبية التي إما أن تكون محركة مثل خلايا الحبل الشوكي أو أعصاب المخ أو خلايا العقد العصبية للجهاز العصبي الذاتي وتنتهي هذه النهايات إما في العضلات الإرادية أو في عضلات القلب أو في العضلات الناعمة (Smooth muscles) أو في الغدد المختلفة .

أنواع مؤثرات الجهاز العصبي

يتأثر الجهاز العصبي في مجموعة بأي تغير طارئ أو غير عادي يحدث سواء أكان في في إحدي مكونات البيئة الداخلية (في التكوين الفسيولوجي) أو في البيئة الخارجية التي يعيش فيها الحيوان . ويحدث هذا التأثير عن طريق إحداث تنبيه لبعض الخلايا العصبية أو لمراكز عصبية معينة . فتستقبل هذه الخلايا التغيير الذي أحدثة المؤثر ثم ترسله إلي الجهاز العصبي المركزي الذي يتولي وضع ترتيب الأفعال الإنعكاسية التي تلزم لمقاومة تأثير هذا المؤثر . وتنقسم هذه المستقبلات إلي نوعين هما :

١) مستقبلات التغير في البيئة الخارجية (مستقبلات خارجية Exoreceptors) :

وهي المستقبلات التي تتأثر بعوامل البيئة الخارجية مثل الضوء (البصر) والصوت(السمع) والتغير في الطعم (التذوق) والتغير في الرائحة (الشم) والتغيرات الميكانيكية (اللمس) والتغير في درجة الحرارة أو الرطوبة وغيرها من عوامل البيئة الخارجية . وتوجدهذه المستقبلات ـ

عادة ـ علي الأسطح الخارجية لبعض أجزاء الجسم . فتوجد مستقبلات الضوء في العين ومستقبلات الصوت في الأذن ومستقبلات الطعم في اللسان ومستقبلات الرائحة في الأنف ومستقبلات الحرارة والمستقبلات الميكانيكية في الجلد وعلي الأخص في اليدين ... وهكذا .

٢) مستقبلات التغير في مكونات البيئة الداخلية (مستقبلات داخلية Introreceptors) :

وهي المستقبلات التي تتأثر بأي تغير في الإتزان (الثبات الذاتي) في البيئة الداخلية للحيوان . فينبه أي تغير في ضغط غازات التنفس في الدم . مثلا . مراكز معينة تستقبل هذا المؤثر (التغير في ضغط الغازات) . وينبه وجود الطعام في المعدة (مؤثر داخلي) أو زيادة الجلوكوز في الدم مراكز معينة عن نوع المستقبلات الداخلية .

وعليه يمكن القول بأن المؤثرات . علي إختلاف أنواعها سواء أكانت مؤثرات خارجية أو مؤثرات داخلية فسيولوجية ـ تعمل علي تنبيه الأجزاء المستقبلة للجهاز العصبي (المستقبلات العصبية) كل حسب نوع المؤثر . وعليه نجد أن هناك مستقبلات تعرف بمستقبلات الحرارة وأخري ضوئية وثالثة كيميائية ورابعة صوتية وخامسة ميكانيكية ... وهكذا

تقسم المستقبلات العصبية حسب مدي تأثرها بنوع المؤثر :

١) مستقبلات الصوت Sound receptors : وهي التي تقوم بإستقبال أي تغير يحدث في الأصوات المختلفة التي تحيط بالحيوان . ويفرق الحيوان بين الخطر منها والطبيعي . وتوجد هذه المستقبلات في أماكن معينة من أعضاء السمع

٢) مستقبلات الضوء Light receptors :وتوجد في أعضاء الإبصار . وهي التي تستقبل الإختلافات في طول الموجات الضوئية وألوان الضوء والتكوين الفوتوغرافي للأجسام ... إلي غيره .

٣) مستقبلات كيماوية Chemoreceptors : وهي التي تتأثر بأي تغير في التركيب الكيميائي لسوائل الجسم المختلفة للعمل علي إرسال هذه المعلومات إلي الجهاز العصبي المركزي لمحاولة إضعاف التأثيرات الضارة لهذه التغيرات

٤) مستقبلات الصدمات الميكانيكية Mechanoreceptors : وتتأثر بالصدمات والضغط عن طريق اللمس الموجود علي سطح الجلد ويختلف توزيع هذه المستقبلات في الأجزاء المختلفة علي سطح الجلد فتكثر مثلا في اليدين في الإنسان .

٥) مستقبلات الحرارة والبرودة Thermoreceptors : وتوجد أيضا علي سطح الجلد وتتأثر بدرجة الحرارة سواء باللمس أو عن طريق الإشعاع أو التوصيل أو الحمل .

٦) مستقبلات تلف الأنسجة : وقد يشار إليها بمستقبلات الألم Pain receptors لما يصاحب تهتك الأنسجة وتلفها نتيجة الصدمات الميكانيكية من شعور بالألم .

من كل ما تقدم نري أن أي مؤثر داخليا كان أو خارجيا يؤثر علي المستقبل العصبي لكل مجموعة من هذه المؤثرات فينبهه . وينقل المستقبل العصبي هذا التنبيه إلي الجهاز العصبي المركزي الذي يرسل إشارات عصبية إلي مناطق معينة بالجسم للعمل علي إضعاف تأثير هذه المؤثرات . أي أن التنبيه العصبي ينتقل من منطقة أو من جزء إلي جزء آخر داخل الجهاز العصبي علي هيئة نبضات عصبية (Impulses) . وتتولد تلك النبضات العصبية وقت تأثير المؤثر وتنتقل من مكان المستقبل العصبي إلي مكان آخر منتهية عند مراكز خاصة في الجهاز العصبي المركزي . لذا فكثيرا ما يصادفك الإصطلاح : تولد النبضات العصبية وإنتقالها وإنتشارها (Induction and propagation of nerve inpulses) كتعبير عن هذه الميكانيكية من الفعل العصبي. ولكن كيف يحدث هذا التولد والإنتقال للنبضات العصبية ؟ ذلك ما نود الإجابة عليه فيما يلي :

طريقة تولد وإنتقال النبضات العصبية

إن المستقبلات العصبية ما هي إلا خلايا عصبية أو زوائد لخلايا عصبية أو ألياف أو أعصاب وتتمتع الليفة العصبية في حالة السكون بنوع من فرق الجهد الكهربي بين كل من الغشاء الخارجي لللبقة وبين داخلها . فيحمل السطح الخارجي لليفة شحنة كهربائية موجبة بينما تحمل الليفة من الداخل شحنة كهربائية سالبة . إلا أن مجموع الشحنات علي كلا الجانبين يكون متساويا تقريبا وهو ما يطلق عليه بفرق الجهد الكهربي وقت الراحة Resting electric potential وهو وقت عدم وجود أي تغير أو تنبيه عصبي . ويتغير هذا الوضع عند حدوث التنبيه العصبي . فيكتسب السطح الخارجي لليفة العصبية شحنة كهربائية سالبة بينما تتحول الشحنة داخل الليفة إلي شحنة موجبة مما يتولد عنه فرق جهد كهربي مغاير يسمي بالجهد الكهربي عند النشاط الفسيولوجي Action electric potential ويمكن تصوير ذلك تخطيطيا كما يلي :

(١)	(٢)	(٣)
+ + +	− − −	+ + +
− − −	+ + +	− − −
− − −	+ + +	− − −
+ + +	− − −	+ + +

ويرجع أسباب ما تقدم إلي ما يأتي :

١) **وقت عدم وجود أي تنبيه عصبي (وقت الراحة) : يكون تركيز كل من الصوديوم والكلورخارج الليفة أكبر من تركيزها داخلها بينما يكون تركيز البوتاسيوم داخل الليفة أعلي من تركيزه خارجها وبذا يكتسب السطح الخارجي لليفة العصبية شحنة موجبة بينما تكون الشحنة داخل الليفة سالبة وهو ما يوضحه الموقع رقم (٣) علي الليفة العصبية .**

٢) **وقت حدوث التنبيه العصبي : تنتقل أيونات الصوديوم إلي داخل الليفة العصبية مما يؤدي إلي تغيير في الشحنة الكهربائية داخل الليفة إلي الشحنة الموجبة وخارجها إلي الشحنة السالبة . وهو ما يوضحه الموقع رقم (٣) في الشكل .**

٣) **وقت إنتهاء التنبيه العصبي : يزيد معدل مرور أيونات البوتاسيوم من داخل الليفة إلي خارجها نظرا لإرتفاع درجة نفاذية الغشاء الخلوي لليفة العصبية لأيونات البوتاسيوم . مما يؤدي إلي وقف نفاذية أيونات الصوديوم من خارج الليفة إلي داخلها بل يتغير إتجاه نفاذية أيونات الصوديوم حيث يطرد إلي خارج الليفة العصبية . وبذا يعود فرق الجهد إلي حالته الأصلية أو الطبيعية . وهو ما يوضحه الموقع رقم (١) علي الليفة .**

وباستمرار هذه العملية تنتقل الإحساسات العصبية (النبضات العصبية) علي طول الألياف العصبية المكونة للأعصاب المختلفة إلي أن تصل إلي نهايتها عند مراكز الجهاز العصبي المركزي المتخصصة أو إلي الأنسجة أو العضلات أو الغدد المختلفة إذا كان إتجاه التنبيه العصبي من مراكز الجهاز العصبي المركزي إلي هذه الأعضاء . ويتم بهذه الطريقة أيضا حدوث الإتجاهات المختلفة للتنبيهات العصبية في الأفعال المنعكسة المختلفة لتحدث الإستجابات العصبية لفعل المؤثرات المختلفة سواء أكانت داخلية أو خارجية .

الغدد الصماء (الغدد اللاقنوية)
Endocrine Glands

كثيرا ما يلاحظ المتتبع لطريقة عمل أعضاء الجسم المختلفة أن نشاط عضو ما لا يكون غالبا علي نسق واحد طوال حياة الكائن الحي بل أحيانا ما يزداد نشاط عضو أو أعضاء معينة خلال فترة زمنية محددة من حياة الكائن الحي بينما يقل هذا النشاط خلال فترة زمنية أخري . ويمكن تعليل إختلاف درجة النشاط هذه إلي إختلاف حاجة الجسم إلي وظيفة هذا العضو أو ذاك بإختلاف مراحل حياته . ومن أبرز الأمثلة علي ذلك ما نلاحظه من إختلاف نشاط الأعضاء الجنسية . فنراها منعدمة النشاط تقريبا خلال فترات الحياة الأولي من عمر الكائن الحي ثم تبدأ في النشاط عند مرحلة البلوغ الجنسي بعده يزداد هذا النشاط تدريجيا حتي مرحلة النضج الجنسي ويستمر علي نحو ثابت بعد ذلك حتي مرحلة الشيخوخة يبدأ بعدها هذا النشاط في الإنخفاض تدريجيا حتي ينعدم تقريبا في مرحلة الكهولة . كما نلاحظ أن درجة الرغبة الجنسية لا تكون بدرجة واحدة بعد بلوغ الحيوان مرحلة النضج الجنسي بل أحيانا ما نراها شديدة بينما نراها أحيان أخري أقل شدة أو ضعيفة . ويظهر ذلك بوضوح في الحيوانات موسمية التناسل مثل الأغنام وبعض أجناس الطيور . هذا . وتختلف الأفراد فيما بينها في درجة إنتاجها ونشاطها الفسيولوجي . كما تختلف في كفاءة أعضائها . فمنها ما يكون ذا كفاءة عالية ومنها ما يكون منخفض الكفاءة الفسيولوجية . ويرجع سبب ما تقدم إلي الفعل التنظيمي لمجموعتين من المؤثرات :

١) <u>مجموعة المؤثرات العصبيـــــة</u> : وهي المؤثرات المرتبطة بالجهاز العصبي سواء المركزي أو التلقائي.وتقوم هذه المجموعة من المؤثرات بتنبيه أعضاء معينة فتنشط لأداء وظائفها أو تثبط هذا النشاط وفقا لطبيعة المؤثرحسب مقتضيات وظروف معيشة الكائن الحي المتغيرة ليتلائم مع التغيرات الحادثة في البيئة التي يعيش فيها ليتفاعل معها ويتأقلم بها . فبيئة الحيوان الداخلية في ديناميكية مستمرة لتتسق مع ديناميكية التغير في بيئته الخارجية . وهو ما يعين الحيوان علي إستمرار البقاء .

٢) مجموعــة المــــؤثرات الهرمونيــة وهي عبارة عن مجموعة إفرازات الغدد الصماء والتي يكون لها تأثير محــدد علي عضو أو أعضاء معينة تدفعها إلي نـوع مـن النشاط يتناسب مـع طبيعة المؤثر الهرموني ليفي بحاجـة الكائن الحي نتيجة فعل هذا المؤثر التي تقتضيها أيضا التغيرات الحادثة في بيئته الداخلية أو الخارجية .

ولا تعمل كل مجموعة مـن هـاتين المجموعتين مستقلة عـن الأخري أو بمعزل عنهـا بـل أنهما متعاونتين معا في الفعل ومتساويتين في تأثير كل منهما علـي الأخري تؤديـان وظيفـة واحـدة وهي حفظ حالة الإتزان الفسيولوجي في الجسم . ذلـك الإتـزان الـذي يعـادل - بإستمرار وبسرعة ودقة - التغيرات الفسيولوجية الداخلية الحادثة نتيجة لفعل المؤثرات البيئية المختلفة حتي يستطيع الجسم أن يحافظ علي حالة الثبات الذاتي Haemostasis فلاتتغير تركيب بيئته الداخلية أو تختـل وظائفه الفسيولوجية بتغيير الظروف البيئية . فالإرتفاع الشديد أو الإنخفاض الكبير في درجة الحرارة الجوية - مثلا - لا يستتبعه تغير مماثل في درجة حـرارة الجسـم في الحيوانـات ذات الـدم الحـار بـل تظـل درجـة حـرارة أجسـامها ثابتـة بإسـتمرار نتيجـة الفعـل التنظيمـي لكـل مـن الجهــازين أو المجموعتين من المؤثرات السابقة .

وكما أن لكل مجموعة من المجموعتين السابقتين تأثيرهالخاص علي الأعضاء المختلفة بالجسم فإن كل مجموعة تؤثر علي الأخري وتتأثر بها بنفس درجة تأثير كل منها علي أنسجة الجسم . ومن أهم الأمثلة علي ذلك فقدان النشاط الإفرازي لكل من نخاع غدة فوق الكلية والنخامية الغدية عند قطع الأعصاب التي تغذيها . كما أن لإفراز الغدة الدرقية أهمية كبري في تنظيم النشاط العقلي كما أن له تأثير خاص علي الجهاز السمبثاوي . وللغدد تأثير غير مباشر علي الجهاز العصبي نتيجة لفعلها المنظم لتركيز الأملاح الغير عضوية والجلوكوز والضغط الإسموزي .

وتتشابه الهرمونات كل من الإنسان والحيوان فيستعمل هرمون الإنسولين المحضر من الحيوانات مثلا في علاج مرض البول السكري في الإنسان . كما تستعمل الحيوانات المعملية مثل الفأر والكلاب والقطط والكتاكيت لعمل الإختبارات المختلفة علي الهرمونات قبل تطبيقها علي الإنسان .

كما أن بالنباتات أيضا هرمونات أمكن فصل أولها عام ١٩٣٤ بواسطة العالم كوجيل (Kogl) وأسماه (Auxin (A ووجد أنه لازم لنمو النباتات وبدونه لا يظهر لها أي نمو . ولقد أمكن إستعماله في زراعة بعض المحاصيل في غير مواسمها ولإنتاج بعض الفواكه عديمـة البـذور أو كبيرة الحجم.

وتلي ذلك إكتشاف هرمون نباتي آخر إسمه (B) Auxin ثم هرمون الـ Indol Acitic Acid (IAA) . والغريب أن الهرمون النباتي الأخير (IAA) مو جود في بول الإنسان . بل الأغرب من هذا أن بعض النباتات تحتوي علي هرمونات حيوانية . فلقد أثبت الريدي عام ١٩٥٢ إحتواء طلح النخيل علي هرمونات الإنسان المنبهة للغدد الجنسية (Gonadotrpophic hormones) .

ولقد بدأ الإهتمام بدراسة الهرمونات في أمريكا عام ١٩٤٥ عندما تكونت جمعية علم الغدد الصماء (Endocrinology) كما تكونت جمعية مماثلة لها في أنجلترا عام ١٩٤٦ حيث إتخذت إدنبره مقرا لها ووضعت تحت رعاية مجلس الأبحاث الطبية . كما تكونت في جينيف بسويسرا وإستوكهولم بالسويد وكولونيا بألمانيا وحدات كبيرة لأبحاث الهرمونات إزداد التعاون بينهاحيث قاموا بإنشاء مجموعة أبحاث الغدد الصماء . تحت رعاية مؤسسة سيبا (CIBA) السويسرية عرفت بإسم (Colloquia Endocrinology) كما تكون نادي الـ Gonadotrophic Club عام ١٩٥٣ وعقد أول إجتماع له في جنيف في نفس العام ثم عقد إجتماعه الثاني في برمنجهام عام ١٩٥٥ والثالث في لندن عام ١٩٥٧ وحضرها الباحثون في هذا المجال من كل أنحاء العالم .

ويعتبرالعالم زفادوفسكي(Zavadovesky) من علماء الرعيل الأول للإتحاد السوفياتي (سابقا) في هذا المجال حيث نشر أولي بحوثه في الغدد الصماء عام ١٩٣١ عن تأثيرات الثيروكسين في الطيور المائية . أما في مصر ــ فلقد تكونت جمعية علم الغدد الصماء (Endocrinology) عام ١٩٥٤.

<u>أهمية دراسة الغدد الصماء من الوجهة الإنتاجية</u> :

مما تقدم يتضح لنا ما للهرمونات من أهمية كبري في تنظيم العمليات الحيوية المختلفة داخل جسم الكائن الحي بصفة عامةوتنظيم عمليات الإنتاج والتناسل بصفة خاصة . ولما كانت جميع الصور الإنتاجية من الحيوانات الزراعية من لبن وبيض ولحم ما هي إلا نواتج لعملية التناسل أو التكاثر لذا يتضح لنا أهمية النشاط الهرموني بالنسبة لمربي الحيوانات الزراعية فالبيض في الدجاج ماهو إلا جاميطات جنسية مؤنثة تنتجها الدجاجة ويرتبط تكوينها وإنتاجها إرتباطا وثيقا بالتنظيم الهرموني للتناسل في الطيور . كما أن إنتاج اللبن من الأبقار والجاموس والأغنام ما هو

إلا إنتاج مرتبط أيضا بالحمل والولادة واللذان يقعان تحت التأثير المنظم للهرمونات فلا يمكن أن يتم إلا بمساعدة التأثيرات البيولوجية لبعض الهرمونات .

ولما كان من الملاحظ دائما وجود إختلاف بين السلالات والأفراد في المقدرة علي الإنتاج لذا تبرز أهمية دراسة الغدد الصماء لمعرفة مدي الإرتباط بين النشاط الهرموني ومستوي الإنتاج في الحيوانات بهدف الإرتفاع بمستوي الإنتاج وتحقيق أكبر عائد إقتصادي ممكن من تربية الحيوانات الزراعية علي إختلاف أجناسها بالحصول علي أعلي إنتاج له ودراسة أمثل حالات الإتزان بين عمل الغدد المختلفةوالتي يتحقق معها أعلي عائد إنتاجي . كما يمكن إجراء الإنتخاب بين الحيوانات ذات الإتزان الهرموني المثالي والعمل علي تحسينها لما لهذه الصفات من إرتباط وثيق بالتركيب الوراثي والكفاءة الإنتاجية للأفراد .

تعريف الغدد الصماء :

الغدد الصماء هي عبارة عن مجموعة الأعضاء ذات النشاط الغدي أو الإفرازي ذو التأثير المحدود علي بعض العمليات أو التفاعلات الحيوية لأعضاء خاصة بالجسم . وتنتقل إفرازات هذه الغدد عن طريق الدم مباشرة إلي العضو التي تقوم بالتأثير عليه . فليس لهذه الغدد قنوات خاصة لنقل إفرازاتها . لذا فقد يصادف القارئ . في بعض المراجع . إسما آخر لها وهو الغدد عديمة القنوات (Ductless glands) وهو مرادف لإسم الغدد الصماء أو ذات الإفراز الداخلي (Endocrine glands)

تعريف الهرمون :

الهرمون هو إفراز الغدة الصماء . ولقد كان للعالمين الإنجليزيين Starling and Bills عام ١٩٠٢ الفضل في هذه التسمية . حيث تعني كلمة هرمون باللاتينية (مثير) . وبالرغم من عدم مطابقة هذه التسمية للواقع تماما إلا أنها ظلت سائدة ومستعملة حتي الآن بجميع لغات العالم . فعلي الرغم من أن معظم هذه الهرمونات مثيرة (Excitory) إلا أن بعضا منها ذوتأثير مثبط (Inhibitory) مثل الإنتروجاسترين (Entrigastrene) واليوروجاسترين (Urogastrin) اللذان يقومان بتثبيط العصير المعدي وحركة الأمعاء علي الترتيب . وعموما فإن الهرمونات المثبطة قليلة إذا ما قورنت بالهرمونات المثيرة أو المنشطة وهو ما دعي إلي إستمرار الأخذ بهذه التسمية رغم عدم دقتها

وافراز الهرمونات ليس وقفا علي الغدد الصماء . فهرمون الإنسيولين اللازم لتنظيم سكر الدم يفرزه البنكرياس . كما تفرز الأطراف أو النهايات العصبية هرمون الأدرينالين والأسيتيل كولين كنتيجة لبعض المؤثرات العصبية ثم يتلاشي تأثيرها سريعا بتحللها بعد وقت قصير من إفرازها .ولوأن بعضامنها قد يتسرب إلي الدم حيث يكوم له بعض الآثار بجهات أخري من الجسم .

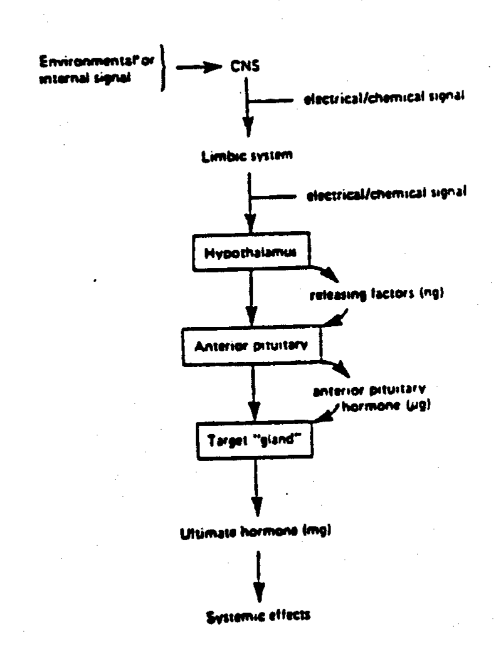
ميكانيكية تأثير الهرمون وتكوين الرسالة الثانية :

تبدأ التأثيرات الهرمونية عند إرتباط الهرمون بمستقبلة علي غشاء الخلية المستهدفة أو في سيتوبلازم تلك الخلية . ويتكون نتيجة لهذا الإرتباط رسالة ثانية (Second massenger) فالرسالة الثانية إذ عبارة عن المادة التي يزيد تركيزها الحقيقي أو النسبي داخل الخلية إستجابه لفعل هرمون معين بعد أن يرتبط ذلك الهرمون بمستقبلة علي جدار الخلية المستهدفة أو في سيتوبلازمها . وتنحصر وظيفة الرسالة الثانية في نقل إشارة الهرمون الأولية وترجمتها إلي تغيرات تمثيلية داخل الخلية المستهدفة لفعل ذلك الهرمون . ومن أمثلة الرسائل الثانية : الـ (cAMP) . والـ (cGMP) . وأيونات الكالسيوم سواء أكانت مصحوبة بالـ (Calmodulin) أو بدونه . حمض الأراكيدونيك . Inositol triphosphate . Diacyl - glycerol . والرسالة التي تبدو أنها تنظم إنزيم الـ Phosphoprotein phosphatase .

ميكانيكية تدفق التأثيرات الهرمونية Cascade mechanism :

تعرف ميكانيكية تدفق التأثيرات الهرمونية بأنها ذلك النظام الذي يعمل علي تكبير التأثيرات الهرمونية بما يمكن مجموعة التأثيرات الأصلية أو الأولية للهرمون بتكوين مجموعة ثانية من التأثيرات أو التفاعلات ثم يقوم كل منها بتكوين مجموعة ثالثة من التفاعلات أو الإستجابات ... وهكذا . وتبدأ ميكانيكية تدفق التأثيرات الهرمونية البيوكيميائية التقليدية نتيجة لتأثير إرتباط الهرمون بمستقبله علي سطح غشاء الخلية المستهدفة . ويؤدي ذلك إلي تكوين الرسالة الثانية كما سبق أن بينا . وقدنلاحظ هذا التدفق التأثيري علي هيئة تعديلات في مسار عمليات التمثيل الغذائي في الخلية مما ينشأ عنه إستجابة خلوية . هذا ويوجد مفهوم آخر هام لتدفق التأثيرات الهرمونية والذي يشمل تدفق التأثيرات البيوكيميائية عن طريق مجموعة من الإشارات صادرة من الجهاز العصبي المركزي (CNS) تمر من خلال الهيبوثالاماس وصولا إلي إفراز الهرمون النهائي .

وتنشأ تأثيرات تدفق الهرموني من إشارة من الجهاز العصبي المركزي إستجابه لتنبيهات تنشأ من أي من البيئة الداخلية (حدوث حالةمن عدم الثبات الذاتي) أو الخارجية (نتيجةحدوث مؤثر خاص في مكونات البيئة الخارجية) . تنتقل هذه الإشارة - إما عن طريق الإنتقال الكهربي أو الكيميائي - إلي الجهاز العصبي الطرفي (limbic system) ثم إلي الهيبوثالاماس.ونتيجة لذلك - تفرز الهيبوثالاماس هرمون إفراز مناسب في الدورة الدموية البابية المغلقة بينها وبين النخامية الغدية . ويفرز هرمون الإفراز - الذي تتراوح فترة نصف العمر له من ٣ : ٧ دقائق - بكمية تقدر بالنانوجرام . ينبه هرمون الإفراز النخامية الغدية لإفراز هرمون خاص ذو فترة نصف عمر ٢٠ دقيقة أو أكثر وبكمية تقدر بالميكروجرام . ينبه هرمون النخامية إفراز الهرمون النهائي (ultimate hormone) بكمية تقدر بالمليجرام وذو فترة ثبات طويلة نسبيا . ويرتبط الهرمون النهائي بمستقبله الموجود في أنواع عديدة من الخلايا محدثا مجموعة من التأثيرات التمثيلية المختلفة فيها .



تقسيم الهرمونات

تختلف الأسس التي يبني عليها تقسيم الهرمونات فقد يبني التقسيم علي أساس طبيعة التركيب الكيميائي للهرمونات أوعلي أساس مصدر إفرازها أو علي أساس المسافة بين مصدر إفرازها ومكان حدوث تأثيراتها البيولوجية . وفيما يلي شرحا لأهم طرق تقسيم الهرمونات :

أولا : تقسيم الهرمونات علي أساس تركيبها الكيميائي :

تقسم الهرونات إلي مجاميع علي أساس من تركيبها الكيميائي : تلك المجاميع هي الإستيرويدات Steroids وعديدات الببتيد Polypeptides ومشتقات للأحماض الأمينية أوالدهنية Amino acids or Fatty acids - derived compounds .

وفيما يلي أهم أقسام الهرمونات مبنيا علي أساس طبيعة تركيبها الكيميائي :

١ . الهرمونات المشتقة من الأحماض الأمينية Amono acid - drived hormones:

مثل الإبنفرين – والنوإبنفرين – والهستامين – الأسيتايل كولين – والدوبامين – والسيراتونين – والميلاتونين – والأكتوبامين – والثيروكسين – والثيرونين ثلاثي اليود .

٢ – الهرمونات المشتقة من الأحماض الدهنية Fatty acid - drived hormones :

مثل البروستاجلاندين – البروستاسيكلين – والثرومبوكسان – والليوكوترينات

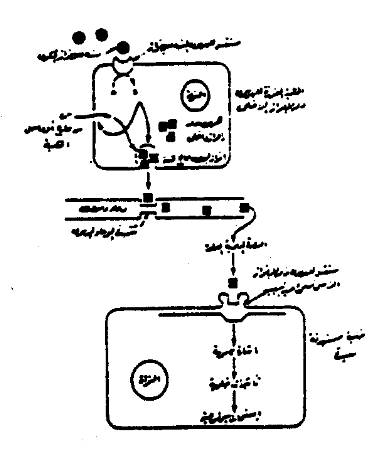
٣ – الهرمونات الإستيرويديه Steroid hormones :مثل الألدوستيرون – والكورتيزول – والإستروجينات – والبروجستينات – والأندروجينات – والمشتقات التمثيلية لفيتامين D_3 .

٤ – الهرمونات عديدة الببتيدات Polypeptides hormones :مثل هرمون النمو – والبرولاكتين – وهرمونات الهيبوثالاماس الإفرازية – وهرمونات النخامية الغدية المنبهة مثل ال - FSH - ACTH - TSH - LH والكالسيتونين – والباراثيرويد – والثيميك هرمون– والإنسولين – والجلوكاجون

ولقد أعتبرت معظم هذه الأقسام النواتج الأساسية لنشاط الغدد الصماء . حيث يتم تخليقها وتخزينها داخل خلايا الغدة إنتظارا للإشارة المناسبة لإفرازها عن طريق ما يسمي بالتخلاق الخلوي أو ال (Exocytosis) إلي تيار الدم . وفي حاله الهرمونات عديدة الببتيدات تظهر مشكلة النفاذية من الفراغ البين خلوي (extracellular espace) إلي داخل الأوعية الدموية الدقيقة حيث تكون هذه الأوعية في العادة من الدقة بحيث لا تسمح . من الناحية النظرية . بنفاذ هذه المركبات عالية الأوزان الجزيئية إلي داخلها لتسير مع تيار الدم فيها .وتوجد علي جدر تلك

الأوعية الدموية أجزاء رقيقة أو فتحات (fenestration) تسمح بمرور تلك المركبات من خلالها إلي داخل تيار الدم .عندئذ تنتقل تلك المركبات الهرمونية إلي مسافات بعيدة بواسطة تيار الدم لتصل إلي الخلايا المستهدفة لتأثيراتها البيولوجية والتي تحتوي علي تركيزات عالية من المستقبلات المتخصصة إما علي جدرها كما هو الحال بالنسبة للهرمونات عديدة البيتيدات وبعض الهرمونات المشتقة من الأحماض الأمينية أو في داخل سيتوبلازمها أو أنويتها كما في الهرمونات الإستيرويدية . وتوجد مستقبلات الهرمونات المشتقة من الأحماض الأمينية مثل الثيروكسين أو الثيرونين ثلاثي اليود triiodothyronine داخل نواة تلك الخلايا المستهدفة لتأثيراتها البيولوجية ضمن تكوينها الجيني(nuclear genome).

ويصور الشكل التالي منظر عام لخلية ذات افراز داخلي وطريقة افراز الهرمون الخاص بها ثم إنتقاله عن طريق الأوعية الدموية ثم ميكانيكية تأثيرة علي الخلية المستهدفة .

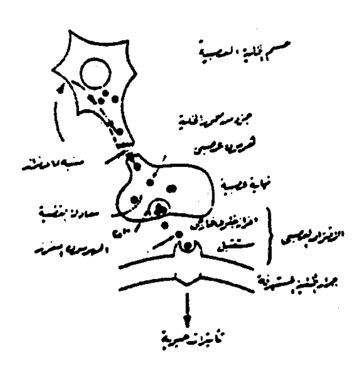


<u>ثانيا : تقسيم الهرمونات حسب المسافة بين مكان تكوينها ومكان تأثيرها</u> :

وبتقدم الوقت زادت القناعة بضرورة إعادة الأسس التي يبني عليها تعريف أو تحديد الهرمون حيث ظهرت من الدلائل العلمية مثلا ما يدعو إلي الاعتقاد بأنه قد تكون كل من الهرمونات المعروفة وما يسمي بالناقلات العصبية (neurotransmitters) مركبات أكثر تشابها من كونها أكثر إختلافا . وعليه أصبحنا نتعامل مع الإبنفرين epinephrine كهرمون نخاع غدة فوق

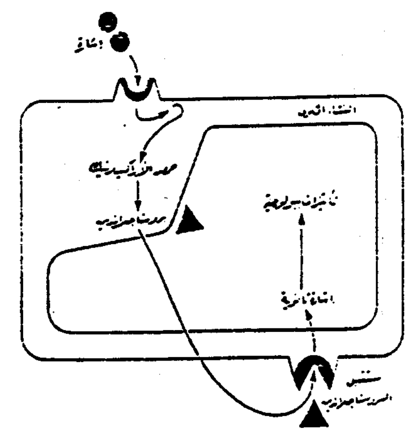
الكلية adrenal medulla والنورإبنفرينnorepinephrine كناقل عصبي neurotransmitter علي الرغم من تشابه تركيباتهما الكيميائية وتداخل نشاطيهما البيولوجي علي الخلايا الوعائية.

ويمكن تعريف الهرمونات ذات النشاط العصبي والتي تعمل عند الإقترانات العصبية (Synapses) بأنها هرمونات ذات أفرازجانبي (Paracrine) حيث تفرز هذه الهرمونات بنفس الطريقة التقليدية التي يتم بها إفراز الهرمونات العادية للغدد ذات الإفراز الداخلي Endocrine إلا أنها تنتقل إلي مسافات قصيرة أو محدودة كما يتضح من الشكل التوضيحي الآتي .



ويعتبر البيتا إندورفين β endorphin والإنكفالينات enkephalins من أحدث أمثلة المواد ذات الإفراز الجانبي في بعض الأحيان أو ذات الإفراز الداخلي Endocrine في أحيان أخري .

وأخيرا يجب أن نميز قسم آخر حديث من الهرمونات والتي يمكن وضعها تحت إسم الهرمونات ذات الإفراز الذاتي (autocrine) وهي هرمونات يتم تخليقها وإفرازها بواسطة نفس الخلية التي تؤثر عليها كما يمكن أن تؤثر علي الخلايا المجاورة لها . ومن الأمثلة علي تلك الهرمونات البروستاجلاندينات prostaglandins وبعض مشابهاتها مثل الثرومبوكسونات Thromboxones اللوكوترينات leukotrienes والبروستاسيكلين Prostacyclin ويعمل الأخير كهرمون ذو إفراز داخلي في بعض الأحيان .



وعليه يمكن تصور ثلاثة مجاميع رئيسية من الهرمونات قسمت علي أساس دائرة تأثيراتها وليس علي أساس تركيبها الكيميائي أو طبيعة مستقبلاتها :

١ - الهرمونات ذات الإفراز الداخلي Endocrine hormones

٢ - الهرمونات ذات الإفراز الجانبي Papacrine hormones

٣ - الهرمونات ذات الإفراز الذاتي Auocrine hormones

ولقد تم ترتيب هذه المجموعات الهرمونية تنازليا علي أساس طول المسافة بين مكان تكوينها وإفرازها ومكان تأثيرها. ويمكن تلخيص تقسيم الهرمونات علي أساس مسافة تأثيرها في الجدول التالي حيث تبين العلامة (+) نوع الافراز :

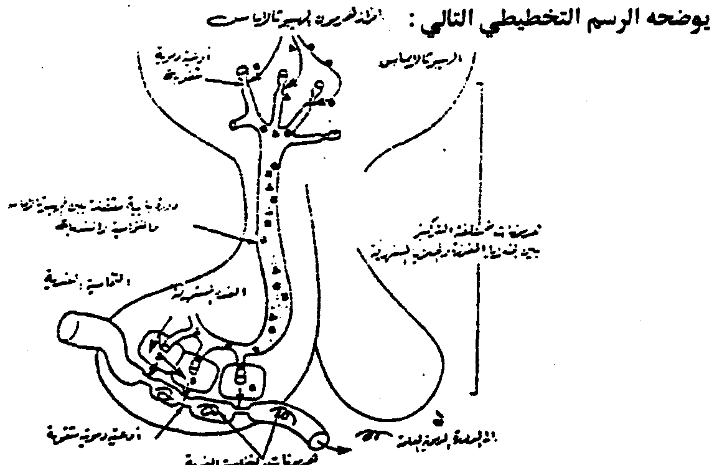
Class	Endocrine	Paracrine	Autocrine
Polypeptide	++++	(+)	
Steroid	++++		
Amino acid -derived	++++	++++	
Fatty acid - drived	+		++++

وتعني كلمة Endocrine القسم من الهرمونات التي تفرز بواسطة التخلاق الخلوي exocytosis عادة وتنتقل بواسطة تيار الدم إلي مسافة بعيدة نسبيا حيث الخلايا المستهدفة لفعلها (Target cells)

أما كلمة Paracrine فتعني أن الخلية تفرز هذا القسم من الهرمونات حيث تنتقل إلي مسافة قصيرة أو إلي الخلايا المجاورة والتي تعتبر الخلايا المستهدفة لفعلها .

وتعني كلمة Autocrine إفراز هذا القسم من الهرمونات بواسطة خلية هي في ذاتها مستهدفة لفعل هذا الهرمون نظرا لوجود مستقبل له علي جدارها .

ويجدر بنا من أن نذكر أن الطبيعة عادة ما تنشئ نوع من الآلية بجانب إستخدام مستقبلات الهرمونات لتضمن وصول الهرمون . والذي عادة ما يفرز بكميات دقيقة - إلي الخلايا المستهدفة لتأثيرها أثناء إنتقالها خلال الدورة الدموية وليس إلي أبعد من ذلك . ولكل من الهرمونات ذات الإفراز الجانبي paracrine والهرمونات ذات الإفراز الذاتي autocrine ميزة فطرية تمكنها من ذلك بجانب كونها قد تنتقل خلال دورة دموية بابية مقفلة وهوما ينطبق علي هرمونات الهيبوثالاماس الإفرازية hypothalamic releasing hormones والتي تنتج في الهيبوثالاماس وتنتقل إلي النخامية الغدية حيث توجد الخلايا المستهدفة لفعلها عن طريق الدورة البابية النخامية الهيبوثالامية Hypopheseal - hypothalamo portal cerculation وهو ما يوضحه الرسم التخطيطي التالي :



ثالثا : تقسيم الهرمونات حسب مصادر تكوينها وإفرازها :

وهناك طريقة أخري لتقسيم الهرمونات مبنية علي أساس مصدر تكوينها وإفرازها فتقسم الهرمونات إلي : هرمونات الهيبوثالاماس – هرمونات النخامية الغدية – هرمونات النخامية العصبية – هرمونات الدرقية – هرمونات الجاردرقية – هرمونات قشرة الأدرينال – هرمونان نخاع الأدرينال – هرمونات الخصية – هرمونات المبيض – هرمونات الجسم الأصفر – هرمونات المشيمة – هرمونات القناة المعدية المعوية – هرمونات الكلية – هرمونات التيموسية – هرمونات الغدة الصنوبرية ... الخ .

وتتميز الهرمونات بصفة عامة بإنخفاض أوزانها الجزيئية وبذا يمكن مرورها بسهولة خلال أغشية الخلايا المفرزة لها إلي الدم أو من الدم إلي الخلايا التي تؤثر عليها .

ولقد أمكن تحضير الكثير من الهرمونات صناعيا علي هيئة مواد كيميائية لها نفس التأثير الفسيولوجي للهرمونات الطبيعية . كما أمكن تحوير بعض المركبات لتغيير مفعولها الفسيولوجي من ناحية مدة التأثير أو تعديل هذا التأثير إلي ناحية معينة . والأمثلة علي ذلك كثيرة نذكر منها علي سبيل المثال الأدرينالين والنورأدرينالين والثيروكسين وهرمونات الجنس . وبذا أصبح ثمنها زهيدا نسبيا مما ساعد علي تعميم إستعمالها في الطب العلاجي البشري أو البيطري وبذا ظهرت آثار ذلك من الناحية العلاجية والإنتاجية .

وليست درجة إفراز الهرمونات ثابتة .فيفرز بعضها بصفة مستمرة مع زيادة إفرازها تحت ظروف خاصة مثل هرمونات الدرقية وقشرة فوق الكلية بينما يكون إفراز البعض الآخر دوريا كالهرمونات المنبهة للغدد الجنسية وهرمونات الخصية في الذكر والمبيض في الأنثي.كما أن منها ما يفرز عند الحاجة اليها فقط مثل هرمونات نخاع غدة فوق الكلية وهرمونات جزر لانجرهانز في البنكرياس .

ولا تراكم أو تخزن الهرمونات في الجسم لأنها سريعة التحلل والتلف والإخراج فلا يستمر عملها بعد إنقضاء الحاجة التي أدت إلي إفرازها . وعليه فإذا أخفقت أي غدة في أداء عملها بإستمرار أو إنخفض أو إنعدم إفرازها لهرموناتها وأريد تعويض النقص الحادث وجب إعطاء هرمون أو هرمونات هذه الغدة بجرعات صغيرة وعلي فترات متباعدة حتي نصل إلي علاج مستمر . ولعل أبرز الأمثلة علي ذلك ما يستدعيه فشل البنكرياس في إفراز هرمون الإنسيولين من ضرورة حقن المريض يوميا بهذا الهرمون تعويضا له عن هذا النقص .

العوامل المؤثرة علي فعل الهرمون :

يتوقف تأثير أي هرمون علي عوامل عدة نذكر منها ما يلي :

١) كمية الهرمون المفرز من الغدة : حيث يزداد التأثير البيولوجي للهرمون بزيادة كمية المفرز منه والعكس صحيح .

٢) وجود بعض الهرمونات الأخري المتعارضة أو المتعاونة معه : فلا تستطيع الغدة الدرقية أنتفرز الثيروكسين في غياب هرمون الـ Thyrotrophic وهو هرمون النخامية المنبه لافرازوعموما يجب التنويه إلي أنه ليس لأي هرمون المقدرة علي تنبيه أو تثبيط الغدة التي تفرزه

٣) وجود كميات كافية من مواد معينة مثل الفيتامينات أو بعض العناصر الأخري : فهرمون الدرقية مثلا لا يتكون في غياب عنصر اليود كما يلزم فيتامين (C) لعمل قشرة غـدة فوق الكلية وفيتامين (E) لعمل الغدد التناسلية وفيتامين (B) لعمل الدرقية والجاردرقية

٤) وجود أو عدم وجود مضادات الهرمونات : مثل الثيوريا والثيوراسيل المضادة للثيروكسين.

٥) وجود النسيج أو العضو الذي يؤثر عليه الهرمون : فليس للهرمونات المنبهة للغدد الجنسية مثلا أي تأثير إذا حقنت في حيوانات مخصية أو منزوع مبايضها .

أهم الطرق المتبعة لدراسة التأثيرات البيولوجية للهرمونات :

إن للأبحاث في مجال الهرمونات آفاق كثيرة ومتشعبة الطرق والأساليب إذ تتبع طرق كثيرة ومتعددة لدراسة التأثيرات البيولوجيةلمختلف الهرمونات نذكر من أهمها ما يلي :

١) إزالة أو إستئصال العضو أو الغدة التي تقوم بإفراز الهرمون المراد دراسة تأثيراته البيولوجية ثم دراسة الآثار المترتبة علي هذا الإستئصال . إلا أنه قد يصادف إستعمال هذه الطريق بعض الصعوبات مثل نفوق الحيوان فور إستئصال هذه الغدة كما يحدث عند إستئصال الغدة الجاردرقية أو قشرة غدة فوق الكلية . أو أن يكون النفوق مسبوقا بأعراض شديدة ويحدث بعد فترة قصيرة من إستئصال الغدة كما يحدث عند إستئصال البنكرياس . إلا أنه ـ من جهة أخري . لا يصاحب إستئصال بعض الغدد نفوق الحيوان كما يحدث عند إستئصال الدرقية أو الغدد الجنسية ففي مثل هذه الحالات تفيد هذه الطريقة من الدراسة.

٢) دراسة تأثيرحقن الهرمون بكميات كبيرة في أي من الإنسان أو الحيوان .

٣) غرس غدة معينة أو جزء منها أو حقن مستخلصها في حيوان إستؤصلت منه هذه الغـدة بعد دراسة تأثيرات إستئصال الغـدة ثم دراسـة تأثيرات الحقن أو الزرع للتأكد من تأثيرات إفرازات الغدة تحت الدراسة .

٤) دراسة الأعراض المختلفة للهرمونات إذا زادت أوقلت نسبتها عمايلزم الجسم في الأحـوال العادية. ثم إقتراح طرق علاج تلك الأعراض . ويمكن علاج أعراض زيادة إفراز هرمون ما باستئصال جزء من الغدة المفرزة له كما في حالة زيادةنشاط الغدة الدرقية.ويمكن علاج أعراض نقص إفراز هرمون آخر بتزويد المريض بالجرعات الازمة من هذا الهرمون . ولقد أدي التقدم العلمي الحديث في الأساليب الجراحية والكيمياء التخليـقية إلي نتائج عظيمة في هـذا المجال .

٥) تحضير الهرمونات من مستخلصات الغـدد الحيـوانية وتنقيتها ومعرفةتركيبهاوطبيعتهاالكيميائية ودراسة التأثيرات الحيوية لتلك الهرمونات علي كل من الحيوانات الطبيعيـةأو المستأصل غددها

٦) وقدبدأ الإهتمام بتقدير الهرمونات في الدم والبول وأعضاء الجسم المختلفة بيولوجـيا إلا أن الإتجـاه الحديـث يهـدف إلي إستبـدال هـذه الطـرق بـالطرق الكيميـائية أو طـرق تقديرات المناعة الإشعاعية (RIA) لدقتها وسهولة وسرعة إجرائها . إلا أنه لا تـزال هناك طرق بيولوجية . بالنسبة لبعض الهرمونات البروتينية . أقـوي وأدق في الوقت الحاضـرمن الطرق الكيميائية . ولتقدير الهرمونات تطبيقات عملية هـامة في تشخيص الأمراض وعلاجـها . فيساعد تقدير الهرمونات المنبهـة للغـدد الجنسية Gonadotrophic hormones في البول مثلا علي تشخيص حدوث الحمل .

٧) دراسـة العوامـل المختـلفة التي تؤثر علي عمل الغدد الصماء وعلاقة هذه الغدد بغيرها من الغدد الأخري .

الغـــــدة النخاميـــــــــــة

The hypophysis or The Pituitary gland

تعتبر الغدة النخامية أهم الغدد الصماء في الجسم . حيث تقوم بتنظيم عمل الغدد الأخري لما لها من مقدرة علي إفرازالهرمونات المتخصصة في تنظيم نشاط كل غدة من الغـدد الصماء الأخري . ولذا تعرف الغدة النخامية في المراجع العلمية بأنها (سيدة الغـــدد master gland) أو المايسترو.

المـــــــوقع:

تقع الغدة النخامية داخل السرج التركي أو الحفرة النخاميـة (Sella turcica) في العظم الإسفيني (Sphenoid bone) وتتصل بقاع البطين الثالث للمخ (Third ventricle) عن طريق ساق(stalk) .

الشـــكل الظاهـــري (المورفولوجي):

الغدة النخامية صغيرة الحجم جدا تزن ٠٣ر جم في الدجاج و ١ رجم في الأغنام و٥ر١ جم في الماشية . وتنقسم الغدة إلي جزئين رئيسيين حسب المنشأ والوظيفة هما :

١) النخامية الغديـة Adenohypophysis وتنشأمن الإكتودرم الفمي.وتنقسم إلي ثلاثة أجزاء مميزة:

١) النخامية القاعديـــة Pars distalis .

٢) النخامية الوسطـــي Pars intermedia .

٣) النخامية الأنبوبيـــة Pars tuberalis .

٢) النخامية العصبيـــة Neurohpophysis وتنشأ من الإكتودرم العصبي Neural ectoderm من قاع سرير المخ أو الدماغ المتوسط Diencephalon ويمكن تقسيمها إلي قسمين رئيسيين هما

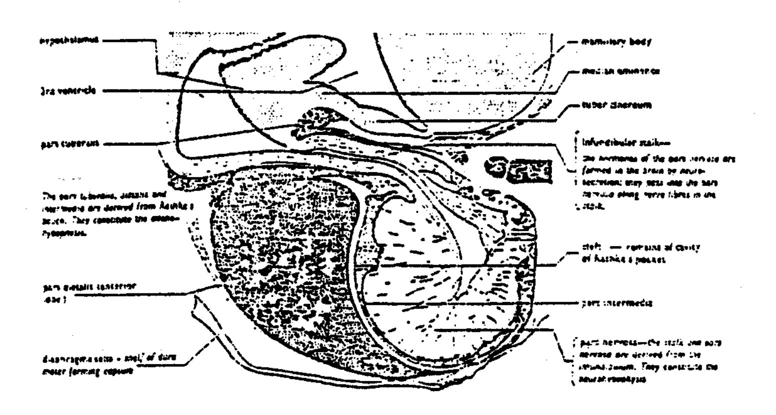
١) القمـــع Infundibulum الذي يمكن تقسيمة إلي :

أ) ســاق القمـــع Infundibular stalk ب) النتـــوء المتوسط Median eminence .

٢) الجـــزء العصبي Pars nervosa

وتكون النخامية القاعدية Pars distalisما يسمي بالفص الأمـامي للغـدة Anterior lobe بينما تكون النخامية الوسطي Pars intermedia مع الجزء العصبي Pars nervosa من الجزء العصبي Pars nervosa من النخامية العصبية Neurohypophysis ما يسمي بالفص الخلفي للغدة Posterior lobe كما قد يسمي كل من ساق القمع infundubular stalk والنتوء المتوسط Median eminence بساق النخامية Hypophyseal stalk .

والرسم التخطيطي التالي يوضح الشكل الظاهري للغدة النخامية في القطة :



التركيب الخلوي (الهستولوجي): ستتناول فيما يلي المكونات الخلوية لكل جزء من أجزاء الغدة النخامية

أولا : النخامية القاعدية Pars distalis :

وتعتبر من أكبر أجزاء الغدة النخامية حجما . وتتكون من أحبال من الخلايا الطلائية المدعمة بألياف شبكية Reticular fibres وتظهر الجيوب الغدية Sinusoids بين أحبال الخلايا الطلائية . وتنقسم هذه الخلايا الطلائية إلي نوعين من الخلايا المميزة هي :

١) خلايا خالية غير قابلة للصبغ Empty looking chromophobes .

٢) خلايا محببة قابلة للصبغ Granule containing chromophobes .

وهي التي تحتوي علي حبيبات قابلة للصبغ بأي من الصبغات المستعملة. ويمكن تقسيمها إلي مجموعتين تختلف الواحدة منها عن الأخري في مدي قابليتها للصبغ بنوع معين من الصبغات :

أ) خلايا حامضية الصبغ (Acidophilic cells) وهي التي تحتوي علي حبيبات تقبل الصبغ بالصبغات الحامضية مثل صبغة ال Orange (G) . وتنقسم هذه الخلايا إلي نوعين هما :

١) خلايا Somatotroph المفرزة لهرمون النمو (GH or STH) ويتراوح قطر الحبيبات الإفرازية ٣٠٠ : ٣٥٠ مليميكرون وهي خلايا مثالية Typical cell .

٢) خلايا Mammotroph المفرزة لهرمون البرولاكتين (PRL) ويتراوح قطر الحبيبات الإفرازية ٦٠٠ : ٩٠٠ مليميكرون . وهي عبارة عن خلايا كبيرة مستديرة تختلف في الشكل . تحتوي علي حبيبات أفرازية بيضاوية الشكل. ويزيد عدد تلك الخلايا أثناء الحمل وإدرار اللبن وتظهر الليزوسومات أكثر وضوحا عند إيقاف إفراز تلك الخلايا .

ب) خلايا قاعدية الصبغ (Basophilic cells) وهي التي تحتوي علي حبيبات قابلة للصبغ بالصبغات القاعدية وذلك لإحتوائها علي الجليكوبروتينات كما يمكن صبغها بصبغة الأنيلين الأزرق Anilline blue والصبغات الأخري . ويمكن تمييزها إلي خمسة أنواع من الخلايا :

١) خلايا Folliculotroph المفرزة لهرمون الـ (FSH) وهي خلايا ذات جسم كبير مستدير . يحتوي علي شبكة إندوبلازمية خشنة . وربما تلعب أجسام جولجي فيها بدور في تخليق الشق الكربوهيدراتي في هرمون الـ (FSH) . وتبلغ قطر حبيبات الإفراز فيهاحوالي ٢٠٠ مليميكرون .

٢) خلايا Leuteotroph المفرزة لهرمون الـ (LH) وتحتوي علي حبيبات إفرازية أكبر قليلا من حبيبات الإفراز في خلايا Gonadotroph حيث تبلغ ٢٥٠ مليميكرون .

٣) خلايا Thyrotroph المفرزة لهرمون الـ (TSH) وهي أصغر الخلايا حجما . غير منتظمة في الشكل مفلطحة النواة وتحتوي علي حبيبات إفرازية أصغر يتراوح أقطارها بين ١٢٠ : ١٥٠ مليميكرون .

٤) خلايا Corticotroph المفرزة لهرمون الـ (ACTH) وهي خلايا كبيرة الحجم ذات شكل غير منتظم وترتبط الحبيبات الإفرازية بأجسام جولجي . ويعتقد تكوين الجاسترين (Gastrin) في تلك الخلايا وتبلغ قطر الحبيبات الإفرازية حوالي ٢٠٠ مليميكرون .

٥) خلايا Melanocyte - stimulating hormone cell المفرزة لهرمون (MSH) وهي عبارة عن خلايا في طبقات قليلة تقع ما بين النخامية القاعدية والنخامية العصبية وتشابهة تلك الخلايا مع خلايا الـ Corticotroph مما يدعو إلي الإعتقاد بأ ن لخلايا الـ Corticotroph القدرة علي إفراز هرمون الـ (MSH) .

ثانيا : <u>النخامية المتوسطة Pars intermidia</u> :

تقع النخامية المتوسطة بين الجزء العصبي Pars nervosa والنخامية القاعدية Pars distalis وتكون جزءا صغيرا نسبيا من الغدة النخامية كما أنها ضعيفة التمييز وأقل في الإمداد الدموي من النخامية القاعدية .

وخلاياها رائقة خالية من الحبيبات . إلا أنها قد تحتوي علي حبيبات رقيقة قاعدية الصبغ . ولقد ثبت أن خلايا النخامية المتوسطة تقوم بتكوين وإفراز الهرمون المنبه لتكوين صبغة الميلانين (MSH) .

ثالثا : النخامية الأنبوبية Pars tuberalis :

يتميز هذا لجزء بغناه بالإمداد الدموي ويرجع ذلك الي كونه يحمل الدم الوريدي البابي للغدة النخامية من النتوء المتوسط إلي النخامية المتوسطة . ويتكون من خلايا غير محببة قد تحاط ـ في بعض الأحيان ـ بفراغات غير منتظمة تحتوي علي مواد غروية . ولم يعرف حتي الآن دور هذا الجزء في الإفراز الهرموني .

رابعا : النخامية العصبية Neurohypophysis :

إن المكونات الأساسية للنخامية العصبية هي مجموعة من محاور الخلايا العصبية الغدية التي تقع أجسامها في أنوية معينة من الهيبوثالاماس Hypothalamus . وتمر هذه المحاور إلي أسفل خلايا ساق القمع لتنتهي في الجزء العصبي من النخامية العصبية Pars nervosa حيث تظهر مواد حبيبية عصبية إفرازية Granular neurosecretory materials في كل من الخلايا العصبية ومحاورها وهي قابلة للصبغ بصبغات خاصة . وتحمل هذه المواد هرمونين مميزين يعرف أحدهما بالهرمون المانع لإدرار البول (Antiduritic hormone (ADH بينما يسمي الهرمون الآخر بالأوكسيتوزين Oxytosin hormone وعليه ساد الإعتقاد علي تجمع هذين الهرمونين في الجزء العصبي من النخامية العصبية بعد تكونهما في الخلايا العصبية الإفرازية الواقعة في النواة الفوق بصرية Supra optic nuclei والنواة الجاربطنية أو الدرنية Paraventricular nuclei للهيبوثالاماس .

التركيب الكيميائي والتأثيرات البيولوجية لهرمونات النخامية الغدية

يوضح بيانات الجدول التالي أهم الصفات التركيبية لمختلف هرمونات النخامية الغدية .ولقد عمدنا في ترتيب معلومات هذا الجدول إلي الإهتمام بيان الهرمونات المرتبطة معا تركيبيا Structurally related لما لذلك من أهمية خاصة في معرفة أسباب التداخل بين تأثيراتهما البيولوجية كما بينا فترة نصف العمر في الدم بالدقيقة(t 1/2in blood in min) والوزن الجزيئ (Molecular weight) وعدد الاحماض الامينية الداخلة في تركيب كل هرمون من تلك الهرمونات . بالاضافة الي ذلك فلقد ضمنا الجدول ملاحظات علي التركيب الكيميائيComments on structure .

ونود هنا أن نشير إلي أن الوحدات التي يرمز اليها بالرمز (الفا α) تكون أما متشابهة أو متطابقة تركيبيا ويمكن إستبدالها معليا بين هرمونات TSH , FSH , LH وتختص بمساعدة الهرمون

علي النفاذ من خلال غشاء الخلية وتنبيه إنزيم الـ Adenylate cyclase بينما تحدد الوحدة (بيتا β) النشاط الهرموني المميز . كما أنها تعتبر المحدد المناعي للهرمون Immunological determinate ويقع عليها العبء في التعرف علي المستقبل المتخصص علي الخلايا المتأثرة به .

Hormone	Group	$t_{1/2}$ in blood (min)	Molecular weight (K = 1000)	Comments on structure
GH	Structurally related	30	21.5K (191 amino acids in human)	Single chain: 2 S-S bonds
PRL	Structurally related	—	23K (199 amino acids in ovine)	Single chain: 3 S-S bonds
TSH	GTH, Structurally related	30	28.3K (211 amino acids in human)	Glycoprotein. 16% carbohydrate. 2 subunits (α-β₁)*
FSH	GTH, Structurally related	240	34K (210 amino acids in human)	16% carbohydrate. 2 subunits (α-β₂)*; contains S-S bonds
LH	GTH, Structurally related	30	28.5K (204 amino acids in human)	15.5% carbohydrate. 2 subunits (α-β₃)*. contains S-S bonds
ACTH	Structurally related	13	4.5K (39 amino acids in human)	Open chain: homology with β-LPH and MSH
MSH α	Structurally related	—	— (13 amino acids in human)	Linear change: heptapeptide common to α- and β-MSH. ACTH. β-LPH. and γ-LPH
MSH β	Structurally related		3K (22 amino acids in human)	
β-LPH β	Structurally related	—	9.5K (91 amino acids in human)	Open chain: β-LPH is precursor of β-endorphin. enkephalins (ACTH + β-LPH encoded by same mRNA)
β-LPH γ	Structurally related			

وفيما يلي نورد أهم الخصائص التركيبية والتأثيرات البيولوجية لهرمونات النخامية الغدية :

١ - هـــرمون النمـــو :

1 - Growth Hormone, Somatotropin, Somatic Stimulating Hormone(STH):

يتكون من ١٩١ حمضاً أمينيا ويبلغ الوزن الجزيئي لهرمون النمو الآدمي ٢١٥٠٠ وتبلغ فترة نصف العمر له في الدم ٣٠ دقيقة . ويتشابه هرمون النمو- إلي حد كبير - مع هرمون البرولاكتين Prolactin . وتترتب الاحماض الأمينية الداخلة في تركيب هرمون النمو في سلسلة مفردة تحتوي علي رابطتين كبريتيتين .

هذا ولقد أمكن إنتاج هرمون النمو الحيواني في البكتيريا عن طريق إستخدام تكنولوجيا إعادة تكوين الحمض النووي DNA والمسماه Recombinate DNA Technology وترجع التأثيرات الهرمونية لهرمون النمو إلي الجزء من تتابع الأحماض الأمينية الموجودة علي ثلثيه الأماميين عند النهاية الأمينية N - terminal أما الثلث الباقي الموجود عند النهاية الكربوكسيلية C - terminal فهو المسئول عن ثبات أو حفظ تركيب الجزئ . أما في هرمـون النمـو البقري فيعطي الجزء من تتابع الأحماض الأمينية من ٩٦ : ١٣٣ تأثير الـ Somatomidin في كونه ينبه الكبرتة Sulfation في العظم وتخليق الـ DNA في الخلايا . ويمكن إنشقاق الجزء من الأحماض الأمنية من ١٧٧ حتي ١٩١ بواسطة إنزيمات الببتيداز Endopeptidases وقد يكون لهذا الجزء تأثيرات خاصة علي سطح الخلية في التجارب خارج الخلية (in vitro) حيث يثبط معدل إرتباط الإنسولين بمستقبلاته .

ولهرمون النمو العديد من التاثيرات الهرمونية نوجزها فيما يلي :

١ . يتفاعل هرمون النمو مع مستقبلاته علي الخلايا الدهنية Fat depots حيث يعمل علي زيادة الأحماض الدهنية الحرة عن طريق زيادة معدل إنحلال الدهون Lipolysis وربما تشمل هذه العملية فسفرة إنزيم الليباز لثلاثي الجلسريدات Phosphorylation of triglyceride Lipase .

٢ . يتفاعل هرمون النمو مع مستقبلاته علي جدر الأوعية الدموية حيث تحلل عديدات التسكر Polysaccharide إلي جلوكوز يدخل الدورة الدموية .

٣ . يتفاعل هرمون النمو مع مستقبلاته علي جدر خلايا (A) في البنكرياس مسببا إفراز الجلوكاجون الذي يعمل علي زيادة جلوكوز الدم بتحويل الجليكوجين إلي جلوكوز . إلا أن هذا التأثير لا زال محل شك حتي الآن .

٤ . يتفاعل هرمون النمو مع مستقبلاته علي جدر خلايا الكبد والكلية والعضلات حيث يحدث إفراز السوماتوميدينات Somatomedins في الدورة الدموية . وهي مركبات نيتروجينية ذات أهمية كبيرة في عمليات النمو حيث تنبه نمو أنواع عديدة من الخلايا الجسمية .

<u>التأثيرات البيولوجية لهرمون النمو</u> :

ولهرمون النمو تأثيرات عديدة علي جميع العمليات الحيوية في الجسم حيث يؤثر علي درجة وسرعة نمو الهيكل العظمي . كما يؤثر علي عمليات التمثيل الغذائي لكل من البروتينات والدهون والكربوهيدرات وبعض الأملاح المعدنية وعلي سوائل الجسم المختلفة .

أما من حيث تأثيره علي الهيكل العظمي ، فلقد وجد أن نقص أفراز هذا الهرمون في الفترات الأولي من حياة الحيوان يسبب ضعف الهيكل العظمي فيصبح الحيوان قزما وهو ما يعبر عنه بمرض التقزم (Dwarfism) بينما يؤدي زيادة إفرازه . قبل إكتمال النمو أو قبل قفل العظام المستطيلة . الي زيادة نمو هذه العظام بدرجة كبيرة وهو ما يعبر عنه بمرض العملقة (Gigantism) . أما إذا حدثت هذه الزيادة في أفرازه بعد إكتمال النمو (أي في الحيوان البالغ) فإن مظاهر العملقة تحتلف في هذه الحالة حيث يزداد نمو عظام الأطراف والوجه وبعض مناطق الجسم وهو ما يعبر عنه بمرض ضخامة الأطراف أو الـ (Acromegaly) .

وأما من حيث تأثير هرمون النمو علي عمليات التمثيل الغذائي المختلفة في الجسم فلقد وجد أن حقن هذا الهرمون يؤدي إلي عدم إستطاعة النيتروجين بالجسم من تكوين البروتين مع

إنخفاض واضح في الأحماض الأمينية في الدم ، وحدوث ميزان نتروجيني موجب إذا حدث الحقن في الحيوانات الصائمة . ويؤدي نقص هرمون النمو إلي زيادة في كولستيرول الدم مع زيادة في كمية الفوسفوليبيدات وحدوث ترسيب للدهن في مناطق معينة (حول الأحشاء وتحت الجلد) . بينما يؤدي زيادة هذا الهرمون إلي قلة كمية الكولستيرول مع إنخفاض مخزون الجسم من الدهن . كما يرتفع مستوي الأحماض الدهنية الحرة في الدم وتزداد كمية الأجسام الكيتونية في البول .

ولهرمون النمو تأثير علي تمثيل الأملاح بالجسم . فيساعد الحقن بالهرمون علي زيادة كمية الصوديوم والكلوريد مع زيادة السوائل الخلوية ونقص كمية البوتاسيوم والفوسفور في السوائل البين خلوية . ويزيد هرمون النمو من درجة إمتصاص الكالسيوم ا لبوتاسيوم والفوسفور في السوائل البين خلوية . ويزيد هرمون النمو من درجة أمتصاص الكالسيوم والماغنسيوم في القناة الهضمية مع زيادة أفرازها عن طريق البول .

ولهرمون النمو فعل معاكس لهرمون الإنسولين حيث يؤدي حقنه في الفئران إلي ظهور أعراض مرض البول السكري . كما وجد يؤدي حقن الكلاب يوميا بهذا الهرمون إلي الإصابة بمرض البول السكري مع ضمور كلي في جزر لانجرهانز (وهي الجزء المفرز للإنسولين) في البنكرياس . ويعزي ذلك الضمور إلي إستمرار تنبيه جزر لانجرهانز مما يؤدي إلي إنهاكها نتيجة لفرط إفرازها لهرمون الأنسولين نتيجة للحقن بمستخلصات الغدة النخامية .

ولهرمون النمو أثر واضح علي تثبيط مدي إستفادة الأنسجة من الجلوكوز نتيجة لإرتفاع مستوي الإنسولين في الدم . وطالما تصاحب زيادة إفراز هرمون النمو في الكلاب والقطط الإصابة بمرض البول السكري فإنه لا غرابة في أن نلاحظ ظهور مرض البول السكري علي جميع المرضي بمرض عملقة الأطراف أو الـ(Acromegaly) .وعموما فيمكن إعتبار الإنسولين وهرمون النمو عوامل يكمل أحدهما الآخر . فكل منهما ينظم إمداد أنسجة الجسم من الطاقة . فبينما يصبح الإنسولين نشطا بعد الأكل مباشرة وهو الوقت الذي يكون فيه الجلوكوز أهم مصدر للطاقة في الجسم فإن هرمون النمو يكون نشطا في حاله الجوع أو الصيام .

وتختلف درجة تركيز هرمون النمو في الحيوانات البالغة علي مدي الأربع وعشرون ساعة اليومية . فينخفض مستواه في الدم بعد الأكل مباشرة حتي يصبح من الصعب تقديره بينما يزداد درجة تركيزه قبل الأكلة الثانية مباشرة وأثناء الليل .

٢ - هرمون البرولاكتين: 2 - Prolactin Hormone (PRL)

يشبه تركيبه إلي حد كبير تركيب هرمون النمو .ويبلغ وزنه الجزيئي في الأغنام ٢٣٠٠ حيث يتكون من ١٩٩ حمضا أمينيا .

التأثيرات البيولوجية لهرمون البرولاكتين :

إن تأثير البرولاكتين الأكثر وضوحا هو إحداثه تمييز وتطور خلايا الغدد اللبنية (الثدي) بالإضافة إلي تنبيه هذه الخلايا لإنتاج وتكوين بروتينات اللبن وباقي مكوناته . وقد يعمل البرولاكتين كهرمون نمو ثانوي Secondary Growth Hormone علي الكبد بصفة خاصة

ولكل من الإستروجين والبروجستيرون تأثيرات هامة لتنبيه تطور الغدد اللبنية (الثدي) فينبه الإستروجين تطور القنوات اللبنية كما يحدث إنخفاضا في عامل تثبيط البرولاكتين (PIF) (الدوبامين) ليزيد من إفراز البرولاكتين . بينما ينبه البروجستيرون تطور الحويصلات اللبنية ويخفض أيضا من معدل إفراز عامل تثبيط البرولاكتين . وقد يكون للإستروجين ـ بالإضافة إلي ذلك ـ تأثير مفيد علي إفراز البرولاكتين. وعليه فإنه علي الرغم من إفراز البرولاكتين أثناء الحمل إلا أنه لا يتكون اللبن نظرا لإرتفاع مستوي البروجستيرون الذي يؤدي إلي شغل مستقبلات الجلوكوكورتيكويد علي جدر خلايا الضرع . إلا أنه تبدأ الغدد اللبنية في إنتاج اللبن عندما ينخفض مستوي البروجستيرون قرب نهاية الحمل.

وتعتبر خلايا الغدد اللبنية (الثدي) الخلايا الأساسية المستهدفة لفعل البرولاكتين في الأنثي . ويمثل الشكل التالي ميكانيكية تأثير هذا الهرمون لشرح تأثيراته البيولوجية في تنبيه مكونات اللبن المختلفة. فكما هو معروف أن للبرولاكتين مستقبلاته علي جدر الخلايا الثديية إلا أنه لم يثبت حتي الآن ما إذا كان للبرولاكتين المقدرة علي تنشيط الـ Adenylate cyclase . ويجدر الإشارة إلي أنه بمجرد تفاعل البرولاكتين مع مستقبلاته علي جدر الخلايا يحدث تنشيط لنويات تلك الخلايا لتكوين الحمض النووي الـ (mRNA) الخاص بتكون بروتينات اللبن مثل : الكازين . وألفا لاكتالبيومين . وبيتا لاكتاجلوبيولين Casin , Alfa lactalbumen and Beta lactaglobulin

ويفرز البرولاكتين من الخلايا المعروفة بإسم ال Mammotrope الموجودة بالنخامية القاعدية تحت التأثير المنظم لعامل إفراز البرولاكتين (PRF) وعامل تثبيط البرولاكتين (PIF) ويرتبط عامل التثبيط (PIF) تركيبيا بالدوبامين (DA) Dopamine بل يكاد يتماثل معه تماما

حيث يقوم بتثبيط إفراز البرولاكتين . ويساعد عامل إفراز البرولاكتين (PRF) مع هرمون إفراز الهرمون المنبه للدرقية (TRH) - الذين يكادا أن يتطابقا - علي إحداث إفراز البرولاكتين في خلايا ال Mammotrope للنخامية الغدية . ويجب ملاحظة ما لبعض الهرمونات الأخري من تأثير علي معدل إفراز البرولاكتين إما من خلال تأثيراتها علي معدل إفراز الـ (PRF) أو من خلال تأثيراتها المباشرة علي النخامية الغدية . فالبروجستيرون والاستروجين يثبطان إفراز عامل تثبيط إفراز البرولاكتين (PIF) وبالتالي يساعدان علي إفراز البرولاكتين . أما الإستروجين منفردا فيؤثر علي خلايا ال Mammotrope ليزيد من قدرتها علي إفراز البرولاكتين .

ويتكون البيتا أندورفين (β - endorphin) . في حالات الإجهاد . من البيتاليبوتروبين) (β- LPH في خلايا ال Corticotrope حيث تساعد علي إفراز البرولاكتين من خلايا الـ Mammotrope أما هرمون الكورتيزول الذي يفرز من قشرة غدة فوق الكلية فله تأثير إغتذائي عكسي سالب Negative feedback علي خلايا الـ Mammotrope لتثبيط إفراز البرولاكتين .

أما أثناء الرضاعة فإن التاثير الذي يكون مسيطرا علي إفراز البرولاكتين هو الإشارات الناتجة من النبضات العصبية لأعصاب الثدي والتي تصل إلي النخاع الشوكي ثم إلي المخ في أقل من جزئ من الثانية حيث تحدث تنبيه سريع لإفراز كل من الـ (PRF) والـ (TRH) الذين يؤثران بدورهما علي خلايا ال Mammotrope لإفراز البرولاكتين . ويجدر الإشارة أنه يمكن إحداث نفس هذا التأثير بتنبيه الخلايا العصبية المفرزة للسيراتونين (Seratonergic) والبيتاأندورفين - β) (endorphinergic حيث يؤدي ذلك إلي زيادة إفراز هرمون البرولاكتين .

ويحدث إعداد لإفراز البرولاكتين في الدم خلال دقائق قليلة من بدء الرضاعة وتسمي هذه المرحلة بمرحلة إستنفاذ النخامية Pituitary deplition stage بعدها يبدأ إفراز البرولاكتين في الدورة الدموية بمعدل ثابت دقيقة بدقيقة دون إرتباط بطول فترات ما قبل الرضاعة .ويستمر معدل الإفراز ثابتا حتي ينفذ مخزون البرولاكتين في الغدة النخامية فينخفض هذا المعدل.ويثبط عامل التثبيط أوالدوبامين(PIF or Dopamine)خلال الفترات التي تتخلل الرضاعة لتخفيض معدل إفراز البرولاكتين.

ويعمل عقار البروموكربتسين Bromocryptine وتركيبه 2-bromo- α ergocrypyine علي تثبيط البرولاكثين شأنه في ذلك شأن الدوبامين أو عامل تثبيط البرولاكتين (PIF or Dopamine)

ويحدث هذا العقار إنخفاضا في معدل تخليق البرولاكتين وخفض تركيزه في الدم . ويستعمل هذا العقار عندما يراد إيقاف إنتاج اللبن عند الفطام . وقد يؤدي إعطاؤه فجأة إلي منع تطور إلتهاب الضرع Mastitis وعدوي الضرع نتيجة لركود اللبن فيه . ويستعمل من الناحية التجريبية لكشف إمكان زوال أمراض الضرع الناتجة من زيادة إفراز البرولاكتين .

وكما سبق أن ذكرنا من قبل فيبدو أن الدوبامين عبارة عن عامل تثبيط إفراز هرمون البرولاكتين Prolactin Inhibiting Factor (PIF) حيث ثبت أن إفرازه يكون من النخامية العصبية أكثر من كونه من الهيبوثالاماس . فيحتوي مستخلص النخامية العصبية علي مستويات عالية من الدوبامين . ولقد لوحظ زيادة تركيز هرمون البرولاكتين في الدم عند إزالة النخامية العصبية وعليه رجح أن يكون الدوبامين هو إفراز النخامية العصبية حيث يصل إلي النخامية الغدية عن طريق الأوعية الدموية البابية النخامية القصيرة حيث يشارك في تنظيم إفراز البرولاكتين .

ويساعد البرولاكتين علي ميل الطيور إلي الرقاد وعناية أمهات الأرانب بالعش . وعموما يمكن القول بأن للبرولاكتين تأثير خاص علي ظهور سلوك الأمومة في إناث الحيوانات . أما في الذكور فيؤثر البرولاكتين علي الخصية لتنبيه تكوين هرمون التستوستيرون Testosterone .

وللبرولاكتين تأثير خاص في الحمام حيث يسبب إفراز لبن الحوصلة Crop milk لتغذية صغارها . كما أنه يزيد من كمية الطعام المأكول وزيادة وزن وكبر الأحشاء· الداخلية مثل الأمعاء الدقيقة والكبد كما أن له تأثير مضاد للإنسولين Antiinsulin effect .

ويؤدي إستئصال الدرقية إلي حدوث نقص في كمية اللبن ونسبة الدهن ويعزي ذلك إلي تأثير الثيروكسين علي معدل التمثيل الغذائي العام وعلاقة الثيروكسين بعامل إفراز الهرمون المنبه للدرقية (TRH) من الهيبوثالاماس وهو ما سبق أن أوضحناه .

وتؤدي الرضاعة الطبيعية للمولود . وفي الأوقات التي يريد فيها الرضاعة ولمدة طويلة - إلي ندرة حدوث الحمل خلال تلك الفترة . وقد يرجع ذلك إلي إستمرار إفراز البرولاكتين وبمعدلات عالية من النخامية الغدية إستجابة لإستمرار الرضاعة مما قد يؤثر علي تقليل إفراز هرمونات الإفراز للهرمونات المنبهة للغدد الجنسية GnRH من الهيبوثالاماس .

ويؤدي تعرض الحيوان للإجهاد (Stress) إلي زيادة معدل إفراز كل من الـ ACTH , β-LPH , and β - endorphin من خلايا الـ Corticotroph في النخامية الغدية . ويتفاعل ال - β

endorphin علي ما يبدو مع المستقبل الذي ينظم إفراز البرولاكتين من خلايا الـ Mammotrope المفرزة له . وقد يتم إفراز هرمون النمو بجانب إفراز البرولاكتين نتيجة لفعل البيتاإندورفين .

وتحتوي جدر خلايا العديد من الأنسجة الأخري . غير خلايا أنسجة الغدد اللبنية ـ مثل أنسجة الكبد – الكلية – غدة فوقالكلية – الخصية – الخ علي مستقبلات البرولاكتين . ويبدو أن للبرولاكتين تأثيرا مساعدا لتأثير ال (LH) علي خلايا ليدج Leydge الموجودة في الخصية لإنتاج هرمون التستوستيرون . كما يزيد البرولاكتين الكولستيرول في الخصية علي هيئة إستر مما قد يعطي دلالة علي دور البرولاكتين في نقل طلائع الليبوبروتينات لتخليق الإستيرويد. ويعمل البرولاكتين مع التستوستيرون علي تنبيه نمو وزيادة النشاط الإفرازي للبروستاتا والحويصلان المنوية . إلا أن هذا التاثير لم يثبت حتي الآن في الإنسان . كما لم يصبح واضحا الدور الفسيولوجي للبرولاكتين في الرجال .

ويتم تنظيم مستقبلات البرولاكتين علي الغشاء الخلوي لخلايا الكلية وغدة فوق الكلية بواسطة الجلوكوكورتيكويدات ويقلل إستئصال النخامية عدد تلك المستقبلات ويزيد الحقن بالجلوكوكورتيكويدات من زيادة هذا الإنخفاض في عدد المستقبلات في الكلية وغدة فوق الكلية

<u>العوامل المؤثرة علي معدل أفراز البرولاكتين :</u>

مما تقدم نستطيع أن نوجز أهم العوامل المؤثرة علي معدل أفراز البرولاكتين فيما يلي :

١) <u>الهرمونات الجنسية</u> :يثبط كل من الإستروجين والبروجستيرون معدل إفراز البرولاكتين فيقل إفرازه تدريجيا وبالتالي يقل إفراز اللبن في الحيوانات الحلابة عند حدوث الحمل أثناء فترة الأدرار ونتيجة لزيادة معدل إفراز هرمونات المبيض والمشيمة .

٢)التنبيهات العصبية التي ترد للغدة النخامية من الثدي والرحم :يقع تنظيم إفراز البرولاكتين تحت تأثير التنبيهات العصبية التي تصل الي النخامية الغدية من الرحم والثدي .ومما يؤيد ذلك المظاهر التالية

١) وقف إفراز اللبن نتيجة لعدم حلب الحيوان أو عدم قيام الأم برضاعة وليدها وإستمرار إمتلاء الثدي باللبن . ويعزي ذلك إلي وقف التنبيهات العصبية من الثدي إلي النخامية.

٢) وقف إفراز اللبن طالما كان الرحم ممتلئا وهو ما يحدث أثناء الحمل .

٣ - <u>الهرمون المنبه للغدة الدرقية</u> : 3 - Thyroid Stimulating Hormone (TSH)

يبلغ الوزن الجزيئ للهرمون المنبه للغدة الدرقية ٢٨٣٠٠ حيث يحتوي علي ٢١١ حمضا أمينيا . وتبلغ فترة نصف العمر له في الدم ٣٠ دقيقة . ولهرمون الـ TSH تأثير مباشر علي الغدة الدرقية حيث يقوم بتنشيط وزيادة إفراز هذه الغدة لهرموناتها . وللجرعات القليلة جدا منه تأثير فعال علي أنسجة الحويصلات الغدية للغدة الدرقية . وينحصر هذا التأثير علي تنظيم معدل إستهلاك أنسجة الغدة الدرقية من اليود وبالتالي فهو يؤثر علي تكوين الثيروكسين Thyroxine من التيروزين ثنائي اليود Diiodotyrosine وهو ما أثبتته الأبحاث التي أجريت بإستعمال اليود ذو النشاط الإشعاعي Radio active iodine . ويزيد الحقن بمستخلصات النخامية الغدية الحامضية والقاعدية النشاط الوظيفي للغدة الدرقية الطبيعي . بينما يؤدي إستئصال النخامية الغدية إلي ضمور في الغدة الدرقية وإنخفاض واضح في معدل التمثيل الغذائي الذي يمكن علاجه بالحقن بمستخلصات الغدة النخامية . ويصحب إنخفاض درجة نشاط الغدة النخامية وهو ما يسمي Hypo-pituitirism إنخفاضا في معدل التمثيل الغذائي القاعدي BMR في الإنسان وقد تظهر أعراض الأوديما المخاطية أو المكسوديما Myxoedema . أما في حالة الاصابة بمرض ضخامة الأطراف المعروف بإسم الـ Acromegaly والناتج من فرط نشاط الغدة النخامية المعروف بالـ Hyper - pituitirism يصبح معدل التمثيل الغذائي القاعدي أعلي من معدله الطبيعي بكثير.

ولا يؤدي إستئصال الغدة النخامية إلي أي تأثير علي معدل التمثيل الغذائي القاعدي في الحيوانات المستأصل منها الغدة الدرقية Thyroidectomy .

بالإضافة إلي ما تقدم – فانه يلاحظ إرتفاع تركيز هرمون ال TSH في الدم في حالات الأوديما المخاطية كما يرتفع تركيز مواد شبيهة بال TSH في الدم في حالات إنخفاض الحرارة الجوية بينما يرتفع بإرتفاع درجة الحرارة .

من كل ما تقدم يتضح ما لهرمون ال TSH من تأثير فعال علي تنظيم نشاط الغدة الدرقية إلا أنه يجب ملاحظة أن مرض جحوظ العينين الناتج من زيادة نشاط الغدة النخامية لا يرجع إلي زيادة نشاط الغدة الدرقية . فلقد وجد أنه لا يحدث الإصابة بهذا المرض في حالات فرط نشاط الغدة الدرقية - Hyper thyroidism كما لا يؤدي الحقن بمستخلصات الغدة الدرقية إلي ظهور هذا المرض بل علي العكس تحدث الإصابة به عند الحقن بمستخلص النخامية الغدية حتي في الحالات التي تم فيها إستئصال الغدة الدرقية . وعلي ذلك فمن المعتقد أن الإصابة بمرض جحوظ العينين تنتج من تأثير مادة أخري تفرز من

النخامية الغدية وهو ما أثبته العلم بعد ذلك حيث تم فصل هذه المادة وسميت بالمادة المحدثة لجحوظ العينين Exophthalamos - producing substance (EPS) .

٤ - الهرمون المنبه لنمو الحويصلة المبيضية :

4 - Follicle - Stimulating Hormone (FSH) :

يبلغ الوزن الجزيئي للهرمون الآدمي ٣٤٠٠٠ . ويتكون من ٢١٠ حمضا أمينيا مرتبة في وحدتين تركيبيتين . ويبلغ فترة نصف العمر لهذا لهرمون في الدم ٢٤٠ دقيقة .

٥ - الهرمون المنبه لتكوين الجسم الأصفر 5 - Luteinizing hormone (LH)

يبلغ الوزن الجزيئي لهرمون ال (LH) الآدمي ٢٨٥٠٠ حيث يتكون من وحدتين تركيبيتين (الفا وبيتا) تحتوي في مجموعها علي ٢٠٤ حمضا أمينيا في تتابع يشبه - إلي حد ما - تتابع الأحماض الأمينية لهرمونات ال (FSH) وال (hCG) وال (TSH) كما سبق أن بينا من قبل إلا أن هذا التشابه يكون أقوي بينه وبين هرمون ال (hCG) .

ويفرز الهرمون المنبه للغدد الجنسية الكريوني الآدمي Human corionic gonadotrophin والذي يرمز له إختصارا بالحروف (hCG) من الخلايا الاغتذائية الكريونية Trophoblast أثناء الحمل حيث تنحصر أهميته في تنبيه إنتاج هرمون البروجستيرون . ويتشابه هذا الهرمون تركيبيا مع هرمون ال (LH) إلا أنه يختلف - إلي حد ما - مع تركيب هرمون ال (FSH)

هذا وتسمي هرمونات ال (FSH) وال (LH) بالهرمونات المنبهة للغدد الجنسية Gonadotrophic hormones (GH) ولقد بدأ تجمع أولي المعلومات عن فعل تلك الهرمونات منذ عام ١٩٢٧ نتيجة لأبحاث كل من Zondek , Ascheim , Engle and Smith حينما أظهرت نتائج تلك الأبحاث أن الغدد الجنسية (المبايض في الأناث والخصي في الذكور) تصبح عقيمة عند إستئصال الغدة النخامية من الحيوانات البالغة . ولما كان تطور الأعضاء الجنسية الثانوية كالرحم والمهبل في الأنثي والقضيب والبروستاتا والحويصلة المنوية في الذكر يعتمد إلي حد كبير علي تأثير الهرمونات الجنسية لكل من الخصي والمبايض . لذا تظل هذه الأعضاء في هذه الحالة غير ناضجة . هذا ولوحظ إضمحلال الأعضاء الجنسية الثانوية عند خصي الذكور أو إزالة مبايض الإناث علي الرغم من وجود الغدة النخامية .

لذا وتأسيسا علي ذلك وضع تعميم هام موجزه أنه ليس لهرمونات النخامية الغدية (الفص الأمامي) تأثيرا مباشرا علي نمو وتطور الأعضاء الجنسية الثانوية ولكن تأثيرها يكون غير مباشر ومن خلال تأثيرها علي الغدد الجنسية . ومن هنا جاءت تسمية هذه الهرمونات بالهرمونات المنبهة للغدد الجنسية أي المنبهة لنشاط الغدد الجنسية (GH) Gonadotrophic hormones والتي تشمل الهرمون المنبه لنمو الحويصلة المبيضية (FSH) والهرمون المنبه لتكوين ونمو الجسم الأصفر (LH) .

وينحصر فعل هرمون ال (FSH) في الذكور في تنبيه وتنشيط عملية تكوين الحيوانات المنوية في الخصية أما هرمون ال (LH) فينبه الخلايا البينية في الخصية Interstitial cells لإفراز الهرمون الجنسي الذكري التستوستيرون (Testosterone) ولذا يسمي هذا الهرمون بالهرمون المنبه للخلايا البينية في الخصية Interstitial cells stimulating hormone ويرمز له إختصارا بـ (ICSH) ويشابه هرمون ال (LH) في الأنثي هرمون ال (ICSH) في الذكر من حيث طبيعتهما الكيميائية .

ويختلف معدل إفراز الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية بإختلاف الأطوار المختلفة لحياة الحيوان : فكمية المفرز منها منخفضة جدا في صغار الحيوانات والأطفال .وتبدأ في الظهور في بول الذكور عند سن الثالثة عشر أما في الإناث فتظهر عادة عند سن الحادية عشر ويرتفع تركيز هذه الهرمونات تدريجيا خلال فترات النمو حتي يصل إلي معدله الطبيعي عند سن البلوغ الجنسي ثم يستمر معدل الإفراز ثابتا تقريبا طوال فترة الشباب وحتي سن الشيخوخة حيث ينخفض عنده ويستمر في الإنخفاض بعد ذلك .

وعادة ما يكون معدل إفراز كل من الهرمونين المنبهين لنشاط الغدد الجنسية بطريقة تتابعية . فبينما يفرز ال (FSH) في النصف الأول من دورة الشبق في الحيوانات أو الحيض في الإنسان فان ال (LH) يزداد معدل إفرازه في النصف الأخير من هذه الدورة . ويقف إفراز ال (FSH) عند حدوث الحمل بينما يستمر إفراز ال (LH) في هذه الحالة وبذا يعمل ال (LH) علي نمو وتكوين وإستمرار الجسم الأصفر لتأدية وظيفته الإفرازية فيمنع تكوين الحويصلات المبيضية علي المبيض وبالتالي يمنع ظهور الشبق أو الحيض مؤقتا طوال مدة الحمل .

وتختلف طبيعة التتابع في إفراز هذين الهرمونين بين كل من الذكور والإناث : فبينما يفرز هرمون ال (FSH) لتنشيط عملية تكوين الحيوانات المنوية كما سبق أن أسلفنا القول فأنه يتأثر

في الوقت نفسه بدرجة تركيز هرمون التستوستيرون المفرز من الخلايا البينية في الخصية والذي يعمل علي تثبيط إفراز هرمون ال (FSH) ويزداد نتيجة لذلك إفراز هرمون ال (ICSH) .

وفي بعض أجناس الحيوانات ، لا تقوم الغدة النخامية بإفراز الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية إلا في وقت معين من العام يعرف بموسم التناسل بينما يقف إفرازها في الأوقات الأخري تعرف بفترات الهدوء الجنسي .وفي بعض الأجناس الأخري من الحيوانات ، تكون لبعض المؤثرات الخارجية والعصبية مثل طول فترة الإضاءة اليومية والتنبيهات العصبية الناتجة عن عملية الجماع تأثير منظم علي معدل إفراز ونشاط الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية .والأمثلة علي ذلك كثيرة نسوق منها ما يلي :

١ . عدم حدوث وضع للبيض في بعض الطيور البرية أو الشبه برية إلا في مواسم معينة من السنة تتميز بطول فترة الإضاءة اليومية (طول النهار) ويعلل ذلك بأن للضوء تأثير منبه علي الغدة النخامية لإفراز الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية . ولقد أستخدمت هذه الظاهرة في زيادة معدل إنتاج البيض من الطيور بإطالة فترة الإضاءة اليومية صناعيا .

٢ . لا يحدث تبويض في الحمام مطلقا إلا إذا وضعت الحمامة مع ذكر أو مع حمامة أخري . ويرجع ذلك إلي حدوث تنبيهات عصبية بصرية تؤثر علي النخامية لتقوم بإفراز الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية .

٣ . لا يحدث التبويض في الأرانب ألا بعد حدوث الجماع . ويعلل ذلك بأن عملية الجماع ما هي إلا منبه عصبي للغـــدة النخامية لإفراز الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية. ويدعم هذا الإعتقاد عدم حدوث تبويض في الأرانب المنزوع منها النخامية حتي بعد حدوث الجماع .

هذا ويوجد بعض مظاهر الإتفاق والتعارض بين فعل أو تأثير كل من الهرمونين المنبهين للغدد الجنسية : فمثلا . يؤدي الحقن بكميات قليلة من ال (LH) مع هرمون ال (FSH) إلي سرعة تكوين الحويصلات المبيضية علي المبيض مع زيادة وزن المبيض عما لو حقن ال (FSH) منفردا بينما يزيد الحقن بكميات كبيرة من ال (LH) مع ال (FSH) تأثير هرمون ال (FSH) علي نمو الحويصلات كما يشجع علي تكوين الجسم الأصفر في الإناث ويزيد من وزن الخصيتين والأعضاء الجنسية الثانوية في الذكور .

ويقع معدل إفراز الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية تحت تأثير كل من الهرمونات الجنسية نفسها (الاستروجين والبروجستيرون في الأنثي والتستوستيرون في الذكر) وعوامل الهيبوثالاماس

الإفرازية والتي تنتقل إلي النخامية الغدية عن طريق الدورة الدموية البابية . وبصفة عامة . ينخفض معدل إفراز الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية بإرتفاع كل من الإستروجين والبروجستيرون من المبيض غير أن طبيعة التأثير العكسي هذه معقدة وغير تامة الدراسة حتي الآن .

ولا يقتصر إفراز الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية علي النخامية الغدية فقط بل لاحظ Ascheim عام ١٩٢٨ وجود كميات من هذه الهرمونات ليست الغدة النخامية مصدرا لها كما كان يظن من قبل بل ثبت أنها تتكون في الخلايا الكريونية للمشيمة Chorionic cells وأطلق عليها أسم الهرمون المنبه للغدد الجنسية الكريوني (Chorionic Gonadotrophic Hormone (CGH وهو هرمون جليكوبروتيني وزنه الجزيئي ١٠٠٠٠٠ أمكن إستعماله في الماضي للكشف عن حدوث الحمل في السيدات لفترة طويلة وذلك باستعمال عدة طرق بيولوجية تعتمدكلها أساسا علي إستخدام ال (CGH) - الذي يظهر في بول السيدات الحوامل أثناء الحمل - في التشخيص بعد حقنه في حيوانات تجارب غير بالغة . ويبدأ ظهور هذا الهرمون بعد إسبوعين من الحمل . وتتراوح كمية هذا الهرمون ما بين ١٠٠٠٠ الي ٢٠٠٠٠٠ وحدة دولية في بول ال ٢٤ ساعة خلال الثلاثة أشهر الأولي من الحمل ويبدأ في الإنخفاض بعد ١٥ أسبوعا ثم يظل دون تغير (من ٤٠٠ إلي ١١٠٠٠) وحدة دولية حتي نهاية مدة الحمل . ويؤدي موت الجنين إلي إنخفاض سريع في كمية الهرمون في البول وتستعمل هذه الظاهرة في تشخيص موت الأجنة .

وفي عام ١٩٣٠ تمكن Hart and Cole من إثبات وجود كميات عالية من هرمون ال (FSH) في دم الأفراس الحوامل يبلغ أعلي تركيز له عند اليوم السبعين بعد التلقيح . أما دم السيدة الحامل فلا يوجد به سوي ال (LH) الشبيه بالهرمون الموجود في البول .

وتستعمل الهرمونات المنشطة للغدد الجنسية من الناحية التطبيقية في علاج حالات العقم وزيادة إنتاج التوائم وتوقيت الولادات إلي غير ذلك من التطبيقات العملية الأخري .

٦. الهرمون المنبه لقشرة غدة فوق الكلية 6 - Adrenocorticotropic hormone (ACTH)

يتكون هذا الهرمون من سلسلة مفردة من ٣٩ حمضا أمينيا . ويبلغ وزنه الجزيئي ٤٥٠٠ . ويختلف تركيب وترتيب الأحماض الأمينية في هذا الهرمون بإختلاف أجناس الحيوانات وإن تساوت جميعها في العدد الكلي للأحماض الأمينية الداخلة في تركيبه . وعموما تتشابه الأحماض الأمينية ال ٢٤ الأولي والأحماض الأمينية من ٣٤ : ٣٩ في السلسلة - تقريبا - في كل من الأبقار

والخنازير والأغنام بينما يختلف تلك الأجناس من الحيوانات في ترتيب الأحماض الأمينية من ٢٥ : ٣٣ وهو ما يوضحه الشكل التالي :

Ser Tyr-Ser-Met Glu His-Phe-Arg-Try-Gly-Lys Pro Val Gly-Lys Lys Arg Arg Pro Val-Lys Val-Tyr ---
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

الأبقار Beef ACTH Phe Glu-Leu-Pro-Phe Ala | (NH₂)Glu Ala-Ser Asp Glu Ala Glu Gly Asp | Pro -----
39 38 37 36 35 34 | 33 32 31 30 29 26 27 26 25 | 24

الخنازير Pig ACTH Phe-Glu-Leu-Pro Phe Ala | (NH₂)Glu-Ala Leu Glu Asp Glu Ala-Gly Asp | Pro ----
39 36 37 36 35 34 | 33 32 31 30 29 28 27 26 25 | 24

الأغنام Sheep ACTH Phe Glu-Leu-Pro-Phe-Ala- | (NH₂)Glu Ser-Ala-Glu Asp Asp Glu Gly Ala | Pro -----
39 38 37 36 35 34 | 33 32 31 30 29 28 27 26 25 | 24

ويتلخص الفعل البيولوجي لهرمون ال (ACTH) في تنبيه قشرة غدة فوق الكلية لإفراز الكورتيزول . حيث وجد أن إزالة الغدة النخامية يستتبعه ضمور حتمي في المنطقة الحزمية Zona fasciculata والمنطقة الشبكية Zona reticularis لقشرة غدة فوق الكلية إلا أن ذلك لا يؤدي إلي أي تاثير علي المنطقة التكويرية Zona glomerulosa في القشرة أو علي نخاع الغدة Adrenal medulla بينما يؤدي الحقن اليومي بمستخلصات النخامية الغدية إلي زيادة منطقتي Zona fasciculata and Zona reticularis . ويصاحب حالات قلة نشاط النخامية الغدية ضمور في قشرة غدة فوق الكلية وقلة نشاطها الإفرازي مثلما يحدث عند الإصابة بمرض التقزم Dwarfism .

ويؤدي الحقن بهرمون ال (ACTH) إلي ظهورالأعراض الآتية :

١) زيادة توارد الدم إلي غدة فوق الكلية مع تضخم في القشرة .

٢) زيادة إفراز قشرة فوق الكلية لهرموناتها .

٣) إختفاء الليبيدات (خاصة الكولستيرول) وحمض الاسكوربيك من قشرة غدة فوق الكلية

وينظم هرمون الكورتيزول Cortisol وهو من هرمونات القشرة إفراز ال (ACTH) وذلك عن طريق الفعل الإغتذائي العكسي Feed - back mechanism لهذا الهرمون . كما يسبب الحقن بالأنسولين Insulin والبروجين Progene إلي سرعة أفراز ال (ACTH) . وتستعمل هذه الظاهرة لإختبار طبيعة العمل المشترك لكل من الهيبوثالاماس والنخامية وقشرة غدة فوق الكلية .كما يستعمل ال lysine - vasopressin لقياس النشاط المشترك لكل من النخامية وغدة فوق الكلية Pituitary - Adrenal Function الذي يؤثر مباشرة علي النخامية الغدية لتفرز هرمون الـ (ACTH) وعلي الهيبوثالاماس بطريقة غير مباشرة.

وتتلف الإنزيمات الهضمية هرمون الـ (ACTH).لذا يعطي بالحقن . وسرعان ما يصبح الهرمون غير فعال بيولوجيا نتيجة لفعل الكبد والكلية حيث تبلغ فترة نصف العمر حوالي ١٥ دقيقة .

وللمتغيرات البيئية الغير مناسبة أو الضارة تأثير علي زيادة معدل إفراز هرمون الـ (ACTH) نتيجة لتنبيه إفراز عامل إفراز الهرمون من الهيبوثالاماس Corticotrophic Releasing Factor (CRF)

٧ – <u>الهرمون المولد للخلايا الصبغية</u> 7 - <u>Melanocyte-Stimulating Hormone (MSH)</u>

يفرز هرمون ال MSH من النخامية المتوسطة Pars intermedia ويمكن أعتباره من أحدي وسائل الحيوان للأقلمة بالظروف المحيطة به . حيث يعمل علي تغيير لون الجلد في بعض الحيوانات لملائمة الظروف البيئية .

ويقع افراز ال MSH تحت تأثير الهيبوثالاماس حيث تعمل علي تثبيط أفرازه . كما أن لبعض المنبهات البيئية مثل الضوء ودرجة الحرارة والرطوبه وغيرها تأثير موجب علي معدل أفراز هذا الهرمون (تزيده) وذلك من خلال تأثيره علي العين التي تنقل فعل هذه المؤثرات عن طريق الاعصاب المستقبلة الي الجهاز العصبي المركزي ثم الي الهيبوثالاماس التي تنبه النخامية المتوسطة لإفراز ال MSH.

<u>٨ – هرمون البيتاليبوتروبين</u> : 8 - <u>Bita Lipotropin (β - LPH)</u>

هناك صورتين من الليبوتروبين هما (بيتا ،جاما) (β-LPH and γ - LPH) ويتكون البيتا ليبوتروبين من ٩١ حمضا أمينيا

٩ - <u>هرمون البيتا إندورفين</u> : 9 - <u>Bita - Endorphin</u>:

لقد زاد الإهتمام في السنوات القليلة الماضية بهذا الهرمون والمركبات الناتجة من تحلله حيث أظهرت المعلومات المتاحة لنا في هذا المجال تكون كل من البيتاليبوتروبين وهرمون ال (ACTH) من شفرة وراثية واحدة (الناتجة من تتابع خاص للنيوكليوتيدات علي ال DNA) . كما لوحظ إفراز كلا الهرمونين معا وفي وقت واحد من النخامية الغدية كإستجابة لحدوث الاجهاد (stress) . وحديثا جدا أمكن إثبات أن هرمون البيتاليبوتروبين والبيتاإندورفين يعملان ربما بطريق مباشر لتنبيه إفراز البرولاكتين الذي قد يكون له تأثير واضح في التأقلم علي تأثير أي إجهاد حادث . حيث قد يظهر البرولاكتين بعض التأثيرات المشابهة كزيادة الجلوكوز في الكبد.

هرمونات النخامية العصبية (الخلفية)

Posterior Pituitary Hormones

تفرزالنخامية الخلفية في كل من ذكور وأناث الحيوانات الراقية هرمونان مهمان هما :

١) الفازوبرسين **Vasopressin (VP)** : أو الهرمون المانع لإدرار البول كما يسمي في بعض الأحيان Antidiuritic Hormone (ADH)

٢) الاوكسيتوزين **Oxytocin (OT)** : وهو في الإناث ذو تأثير كعامل نزول اللبن من الضرع .

ويعتبر هرمون الاوكسيتوزين (OT) والفازوبرسين (VP) أهم المكونات الأساسية لمستخلص النخامية العصبية المعروفة بإسم البتيوترين (Pituitrin) وكلا الهرمونين غير ببتيدي Non peptides شديدي الإرتباط معا من الناحية التركيبية مما يعطي إنطباعا علي أنهما يتكونان من تركيب عاملي واحد Same ancestral gene ويتشابه كلا الهرمونين في تركيبهما الكيميائي لدرجة كبيرة حيث يتكون كل منها من حلقة من ستة أحماض أمينية وذيل من ثلاثة أحماض أمينية .

ويوجد الأوكسيتوزين في الأنوية الفوق بصرية supraoptic والجاربطنية Paraventricular بينما يوجد الأرجنين / ليسين فازوبرسين بمعدل في النواه الفوق بصرية والنواة الجاربطنية .

وقد يوجد هرمون الأرجنين فازتوزين (Arginine Vasotocin (AVT في الغدة الصنوبرية Pineal gland . وعند مقارنة تركيب هذا الهرمون (AVT) بهرمون الأوكسيتوزين والأرجنين فازوبرسين يتضح لنا إشتراكه مع الأوكسيتوزين في إحتواء كل منهما علي الحمض الأميني الأيزوليوسين (Ile) علي الموقع (٣) كما يشترك مع الأرجنين فازوبرسين في إحتواء كل منهما علي الأرجنين (Arg) علي الموقع رقم (٨) . وهرمون ال (AVT) نشط جدا في تنظيم الوظائف التناسلية بصفةخاصة .

ويزيد إفراز هرمون ال (VP) عند إنخفاض حجم الدم أو ضغطه . ويتلخص التأثير الأساسي المميز لهرمون ال (VP) في تنبيه إعادة إمتصاص الماء خلال الأنيبيات الكلوية البعيدة distal tubular kidney.ويتوقف معدل إفراز هذا الهرمون علي مدي الحاجة للحفاظ علي إسموزية بلازما الدم داخل حدود الثبات الذاتي Homeostasis. لذا فقد يرتبط موضع أو مكان تخليق هذا الهرمون في الهيبوثالاماس إرتباطا وثيقا بمواضع مستقبلات الإسموزية Osmpreseptor Sites التي ترتبط بمركز

العطش في الهيبوثالاماس وهي تشعر بأي تغير في تركيزات الإلكتروليتات في الدم حيث تعطي إشارة لإفراز الهرمون من عند النهايات العصبيةفي النخامية العصبي. ولـ (VP) دورا في إ فراز هرمون ال (ACTH) ويتميز دور ال (OT) بكونه أقل وضوحا أو تحديدا . فيلعب في الإنـاث دورا كبيرا في نزول اللبن من الضرع لتغذية الرضيع . كما يسبب إنقباض عضلات الرحم للمسـاعدة في تسهيل عملية الـولادة عند نهاية فترة الحمل . أمـا دور ه في ذكـور الحيوانـات فغير واضـح حتي الآن .إلا أنه عندمـا يتم تعيين تأثيرات جديـدة لهـذا الهرمـون علـي الأنـسجة المشتركة بين الذكـور والأنـاث فانه عندئـذ سيتضح دور هذا الهرمون في الذكور .

وتوجد بعض التأثيرات المشتركة لكل من الـ (VP) والـ (OT) حيث يمكـن لهرمـون الـ (VP) من تنبيه إنقباض عضلات الرحم في الإنسان كما أنه يمكن أن ينبه نزول اللبن من الثدي إلي حد ما . وتختلف طبيعة المنبه الذي يسبب إفراز أي من الهرمونـين ممـا يؤكـد إلي حد مـا أن هرمـون واحد منهما يفرز كإستجابة لحاجـة معينـة . هـذا ويمكـن توقـع إشـتراك أو تشـابه النشـاط البيولوجـي للهرمونين نتيجة للتشابه الكبير في تركيبيهما الجزيني كما يؤدي وجود التشابه التركيبي إلي تماثل إستجابة كـل مـن الهرمونـين لبعض التنبيهـات . وفي المقـابل لوحـظ تضـاد بـين بعـض تأثـيرات الهرمونين . فبينما ترفع الجرعات العلاجية من ال (VP) ضغط الدم فإن هرمون ال (OT) يخفض ضغط الدم بدرجة بسيطة. وبالمثل لوحظ نفس الإتجاه التأثيري للهرمونين علـي إنقباض الشرايين التاجية . فبينما يسبب ال (VP) إنقباض الشرايين التاجية يسبب هرمون ال (OT) إنبساطها . ورغم أن التاثير الأساسي والرئيسي للـ (VP) هـو تثبيط إدرار البـول فـان للـ (OT) إمكانيـة إظهـار نفـس التأثير. ولـ (OT).في بعض أجناس الحيوانات.دورا في تكوين كل من عـاملي إفرازالهرمـون المنبه للخلايا المولدة للصبغات (MSH) و الهرمون المثبط للخلايا المولدة للصبغات (MIH).

علاقة الغدة النخامية بالجهاز العصبي

Neuro - hypophyseal relationship

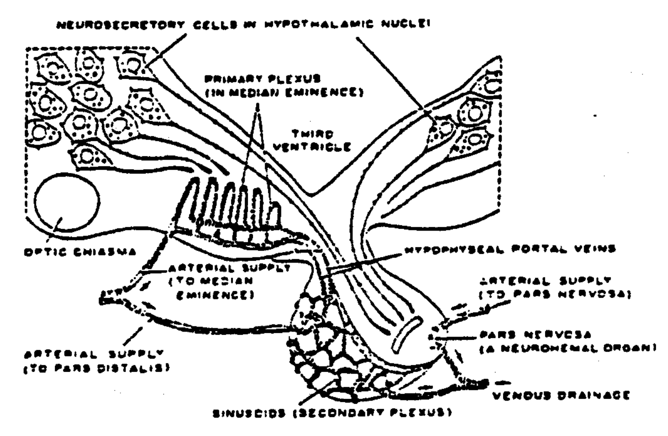
سبق أن عرفنا أن وظيفة الغدة النخامية هي تنظيم الإفراز الهرموني لكافة غدد الجسم الصماء ويهدف هذا التنظيم أساسا إلي إحداث نوع من التوافق أو التوازن الوظيفي داخل الجهاز الهرموني نفسه ليتم إفراز الهرمون المناسب تحت ظروف معينة . فإذا إستدعت الظروف مثلا إفراز هرمون الثيروكسين من الغدة الدرقية أفرزت الغدة النخامية الهرمون المنبه للغدة الدرقية لتنبيه إفراز الثيروكسين غير أننا نود أن نضيف هنا أن تنبيهات الغدة النخامية لأي من الغدد الصماء لا يتم بطريقة عشوائية بل يتم نتيجة حدوث تغيرات في أي من البيئتين الداخلية (تغيرات في الثبات الذاتي لسوائل الجسم المختلفة) أو الخارجية (الظروف البيئية التي يعيش فيها الحيوان) للحيوان . تلك التغيرات التي تصل دلائلها للنخامية عن طريق الجهاز العصبي (سواء أكان الجهاز العصبي الذاتي أو المركزي) فيقوم الجهاز العصبي بنقل إشارات خاصة - تتفق مع طبيعة المؤثر ومدي التغيير الحادث في أي من البيئتين المذكورتين - إلي الغدة النخامية لتقوم بدورها بتنبيه أو تثبيط الغدة ذات الدور الفعال في إعادة الإتزان الداخلي في الجسم أو إفراز هرمون خاص له ذلك الدور . ولهذا الدورثلاثة سبل هي :

١) <u>الأعصـــاب</u> :فإذا حدث فقد كبير في سوائل الجسم (كأن يحدث قيئ أو إسهال شديدين) فإن ذلك يرفع الضغطين الأسموذي والغروي للدم فينتقل دلالات هذا الإرتفاع عن طريق الجهاز العصبي الذاتي إلي النخامية العصبية لتفرز هرمون Antiduritic hormone (ADH) الذي ينشط عملية إعادة إمتصاص الماء من البول من خلال الأنيبيات الكلوية ليعيد الضغطين الإسموزي والغروي للدم إلي حالته الطبيعية .

٢) <u>الهرمونـــات</u> : فإذا حدث وزاد هرمون الإستروجين - مثلا - نتيجة تزايد إفراز هرمون الـ (FSH) ونمو الحويصلة المبيضية علي المبيض . فيؤثر ذلك علي النخامية تأثيرا سالبا فيعمل علي تثبيط إفراز هرمون الـ (FSH) ليعطي بالتالي فرصة لإفراز هرمون الـ (LH) ليتم عملية تبويض البويضة . وهو ما يعرف بالتأثير الإغتذائي العكسي Feed - bach mechanism الذي يعتبر وسيلة هرمونية لأعضاء الجهاز الهرموني لتنظيم الإفرازات الهرمونية . ويمكن القول. بصفة عامة - أن لهرمونات أي من الغدد الصماء القدرة علي تثبيط هرمون النخامية المنشط لإفرازه عند زيادة إفرازه عن الحد المطلوب .فللإستروجين تأثير عكسي علي إفرار الـ(FSH) بينما يكون للبروجستيرون تأثير عكسي علي إفراز الـ(LH) ويثبط الثيروكسين إفراز الـ(TSH)

٣) هرموني عصبي : فعند قرب الولادة - مثلا - ينخفض مستوي البروجستيرون في الدم ويصل الرحم إلي أقصي حجم له . فيؤدي ذلك كله إلي نوع من التأثير العصبي ينتقل دلالاته إلي النخامية لتزيد من معدل إفراز هرمون الأوكسيتوزين Oxytosin الذي يعمل علي تنشيط إنقباض عضلات الرحم (إحداث ما يسمي بالطلق) فتتم الولادة .

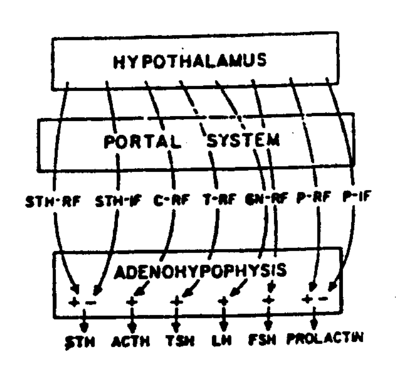
وعليه فتوجد علاقة وثيقة بين الجهازين العصبي والهرموني . ولما كانت النخامية هي سيدة الغدد الصماء المنظمة لكل أنشطتها البيولوجية . لذا تتمثل العلاقة بين الجهازين العصبي والهرموني في العلاقة بين الغدة النخامية (منظمة عمل الغدد) والهيبوثالاماس (من أعضاء الجهاز العصبي) وتتخذ هذه العلاقة بينهما شكلين من الإتصال أولهما إتصال وظيفي أي أن لكل منهما القدرة للتاثير علي وظيفة الآخر أما الشكل الثاني من الإتصال بينهما فهو إتصال تركيبي أو عضوي أي أن هناك إشتراك تركيبي فيما بينهما . وتمثل النخامية الغدية سبيل الإتصال الوظيفي أما النخامية العصبية فتمثل الإتصال العضوي أو التركيبي . وهو ما يوضحه الشكل التخطيطي التالي :



أولا : الإتصال الوظيفـــي :

تقوم الهيبوثالاماس بإفراز إفرازات عصبية المنشأ لها طبيعة هرمونية . فتفرز الهيبوثالاماس هذه المواد من خلايا إفرازية عصبية Neuro - secretory cells of the hypothalamus تسمي Hypothalamic releasing hormones(or Factors) أي هرمونات أو عوامل الهيبوثالاماس الإفرازية . تنتقل إلي النخامية الغدية عن طريق الدورة البابية

النخامية الهيبوثالامية Hypophyseal - hypothalamo portal cerculation فتعمل علي تنبيه Stimulate أو تثبيط inhibit هرمونات النخامية الغدية . وهو ما يبينه الشكل التالي :

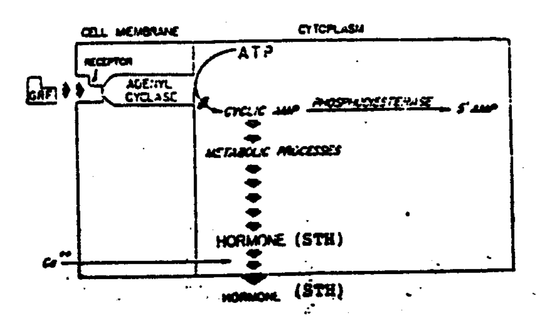


غير أنه ثبت حتي الآن أن للهيبوثالاماس القدرة علي إفراز تسعة مواد إفرازية ما بين هرمونات وعوامل إفراز أو تثبيط يمكن إجمالها في الجدول التالي :

الهرمون المتأثر به	الرمز	هرمون أو عامل الإفراز أو التثبيط
TSH	TRH	Thyrotropin releasing hormone
LH , FSH	GnRH	Gonadotropin releasing hormone
ACTH	CRH	Corticotropin releasing hormone
GH	GRH	Growth hormone releasing hormone
GH	GIH	Growth hormone releasing - inhibiting hormone
PRL	PRF	Prolactin releasing factor
PRL	PIF	Prolactin releasing - inhibiting factor
MSH	MRF	Melanocyte stimulating hormone releasing factor
MSH	MIF	Melanoctyte stimulating hormone releasing - inhibiting factor

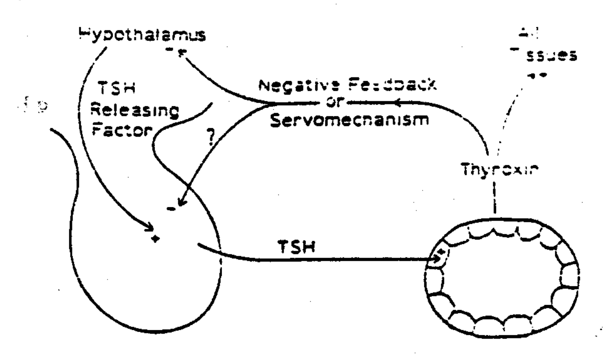
ويتضح من هذا الجدول أن للهيبوثالاماس القدرة علي أفراز أربعة هرمونات إفراز وهرمون تثبيط إفراز واحد بالإضافة إلي عاملين إفراز ,عاملين تثبيط إفراز .

إن ميكانيكية تأثير أي من هرمونات أو عوامل الإفراز او تثبيط الإفراز غير معروفة حتي الآن إلا أنه يعتقد أن تأثيرها يتم عن طريق دورة الأدينوزين Adinosin كما يتضح من الشكل التالي :



من ذلك الرسم يتضح أن لإنزيم الـ Adenyl cyclase – المرتبط بالغشاء البلازمي لمعظم الخلايا الجسمية. حساسية شديدة لفعل عامل إفراز هرمون النمو. حيث ينبه هذا الإنزيم بدوره إنزيم الـ catalase الذي يحول الـ (ATP) إلي (AMP) مما يؤدي إلي تنبيه العمليات التمثيلية في الخلية فتزيد من درجة الإستجابة الفسيولوجية لخلايا الغدة النخامية (Somatotrophs) المفرزة لهرمون النمو.

ويؤدي إفراز أي من هرمونات أو عوامل الإفراز أو تثبيط الإفراز إلي إستجابة سريعة من النخامية الغدية في خلال دقائق معدودة. كما يقع إفرازات الهيبوثالاماس تحت التأثير الإغتذائي العكسي لهرمون الغدة التي تنبهت بفعل هرمون النخامية الغدية كما يتضح من الشكل التالي الذي يعطي مثالا لبيان مسار الفعل الإغتذائي العكسي لهرمون الثيروكسين Thyroxine علي كل من الهيبوثالاماس والنخامية الغدية لإيقاف إفراز كل من الـ(TRH) والـ(TSH) علي الترتيب. وينطبق ذلك علي كل عوامل الإفراز. هذا - وتتأثر عوامل الإفراز ببعض العوامل البيئية. فتؤثر طول فترة الإضاءة اليومية - مثلا - علي هرمون افراز (GnRH).



وملخص ميكانيكية هذا التأثير كما يتضح من الشكل السابق هو:

١) تفرز الهيبوثالاماس هرمون الـ (TRH) Thyrotropin Releasing Hormone الـذي ينتقـل إلي النخامية الغدية عن طريق الدورة البابية بين الهيبوثالاماس والنخامية فينبه خلايا الـThyrotroph لإفراز الهرمون المنبه للدرقية (TSH) Thyroid Stimulating Hormone .

٢) تفرز النخامية هرمون الـ(TSH) الذي ينتقل إلي الدرقية عن طريق الدورة الدموية الجهازية فينبهها لإفراز هرمون الثيروكسين Thyroxine .

٣) يقوم الثيروكسين عند إفرازه بإظهار التأثيرين التاليين :

أ) ينشط بعض العمليات التمثيلية في كل الأنسجة .

ب) يؤثر عكسيا علي كل من النخامية الغدية والهيبوثالاماس لإيقاف إفرازكل من الـ(TSH) والـ (TRH) علي الترتيب .

ثانيا : الإتصال العضـــوي :

ولقد سمي كذلك لوجود تراكيب خاصة في الهيبوثالاماس لها إتصال عضـوي مباشر بالنخامية العصبية . فتتمير خلايا الهيبوثالاماس ـ كما هو معـروف ـ بتجمعها في أنوية مختلفة ومتخصصة . لكل منها القدرة علي تنظيم نشاط وظيفي معين . وأهم تلك الإنوية :

١) النواة الفوق بصرية Supra -Optic nucleus (SON) تقع في الجهة الأمامية للتصالب البصري

٢) النواة الجاربطنية Para - ventricular nucleus (PVN) تقع مجاورة للبطين الثالث للمخ .

٣) النواة القبل بصرية Pre - optic nucleus (PON) تقع عند مقدمة النواة الفوق بصرية .

٤) نـواة الهيبـوثالاماس الخلفيـة Posterior hypothalamic nucleus (PHN) وتشغل الجزء الخلفي من الهيبوثالاماس المجاور لجدار البطين الثالث للمخ .

٥) النـــواة الدرنيـــة السنجابيـــة Nucleus tuber (NT) وتتكـون مـن مجموعـة مـن الخلايـا تنتهـي محاورها عند الشريان النخامي .

وتتشابه كل هذه الأنوية من الناحية التركيبية . حيـث تتكـون كـل منهـا مـن مجموعـة مـن الخلايا العصبية الإفرازية توجد أجسامها في تلـك الأنوية بينما تمتد محاورها إلي الخارج مكونة قنوات خاصة تصل الهيبوثالاماس بأجزاء أخري من الجسم . وأهم هذه القنوات ما يأتـــي :

١) القناة الفوق بصرية النخامية Supra - optic - hypophyseal tract (SOHT) وهي القناة المتكونة من تجمع محاور الخلايا العصبية للنواة الفوق بصرية وتصل الهيبوثالاماس والنخامية

٢) القناة الجاربطنية النخامية Para - ventricular - hypophyseal tract (PVHT) وتتكون من تجمع محاور الخلايا العصبية للنواة الجاربطنية وتنتهي عند النخامية العصبية

٣) القناة الخلفية للهيبوثالاماس Postertior - hypothalamo - hypophyseal tract (PHHT) تتكون من مجموعة محاور الخلايا العصبية لنواة الهيبوثالاماس الخلفية والتي تنتهي عند النخاع المستطيل والقرون الجانبية للنخاع الشوكي .

٤) القناة الدرنية النخامية Tnbero - hypophyseal tract (THT) وتتكون من مجموعة محاور الخلايا العصبية للنواة الدرنية السنجابية والتي تنتهي عند الشريان النخامي .

ولعل أهم هذه الأنوية من ناحية دراساتنا الهرمونية هما النواتين الفوق بصرية Supra - optic nucleus والجاربطنية Para - ventricular nucleus . حيث ثبت أن هرمونات النخامية العصبية ما هي إلا إفرازات تتكون في هاتين النواتين من أنوية الهيبوثالاماس ثم تنتقل عبر قنواتهما (PVHT and SOHT) إلي النخامية العصبية لتخزن هناك إلي أن يتم إفرازها وقت الحاجة إليها . وعليه فهرمونات النخامية العصبية (Neurohypophysis) ما هي إلا إفرازات هرمونية عصبية تقوم بتكوينها أجسام الخلايا العصبية لنواتي الهيبوثالاماي الفوق بصرية والجاربطنية . كما أن إتصال النخامية العصبية بالهيبوثالاماس إتصال تركيبي عضوي وهو ما دعي إلي إعتبار العلاقة بين النخامية العصبية والهيبوثالاماس علاقة عضوية .

خاتمة لابد منها

من كل ما تقدم نستطيع أن نؤكد ما سبق أن ذكرناه من أن لكل من الجهازين العصبي والهرموني وظيفة محددة . إلا أنهما يتحدان في جوهر وظيفتيهما وهو أنهما يقومان بطريقة تعاونية بتنظيم نشاط الجسم سواء أكان هذا التنظيم لعمليات النشاط البيوكيميائي أو القيام بالتنسيق بين الأعضاء المختلفة . أي أن لكل جهاز من هذه الأجهزة مجال مخصص له في عمليات التنظيم السابق الإشارة إليها . وطالما إشترك الجهازان في جوهر وظيفتيهما لزم عندئذ وجود طريقة من الإتصال فيما بينهما لتعمل علي التناسق بين أعضائهما للوصول بجميع الوظائف الحيوية بالجسم إلي حالة التوافق والإتساق فيما بينهما . هذا الإتصال يتمثل كما سبق أن ذكرنا في العلاقة بين النخامية بجزئيها (الغدية والعصبية) وبين الهيبوثالاماس بأنويتها (الفوق بصرية والجاربطنية) وتراكيبها .فالهيبوثالاماس عبارة عن همزة الوصل بين الجهاز العصبي والجهاز

الهرموني . أي أنها ممثل الجهاز العصبي لدي المجموعة الهرمونية ، والنخامية هي همزة الوصل بين الجهاز الهرموني والجهاز العصبي . أي أنها ممثل الجهاز الهرموني لدي المجموعة العصبية . فتنقل الهيبوثالاماس تأثير التنبيهات العصبية من الجهاز العصبي إلي الجهاز الهرموني . في الوقت نفسه تقوم بنقل تأثير المؤثرات الهرمونية إلي الجهاز العصبي . وبنفس الطريقة فإن النخامية تتلقي إشارات الجهاز العصبي من الهيبوثالاماس لتقوم بنوع من الإستجابة الهرمونية لفعل المؤثرات العصبية الواصلة إليها . كما أنها - وعن طريقها سواء أكان ذلك بطريقة مباشرة أو غير مباشرة - تقوم بتوصيل المؤثرات الهرمونيةمن الجهاز الهرموني للجهاز العصبي الذي يظهر إستجابة خاصة لفعل هذه المؤثرات .

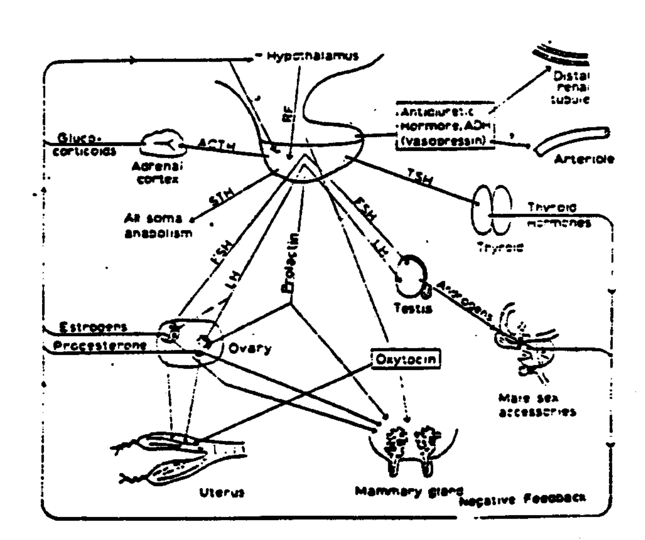
من ذلك كله نري أنه توجدثلاثة علاقات - للدراسة - بين فعل تلك المؤثرات هي :

١) علاقة الهيبوثالاماس بالجهاز العصبي وهو نطاق دراسة علم الأعصاب Neurology .

٢) علاقة النخامية بالغدد الصماء وهو نطاق دراسة علم الغدد الصماء Endocrinology .

٣) علاقة الهيبوثالاماس بالنخامية وهو نطاق دراسة علم الـ Neuroendocrinology .

وليس هنا مجال لشرح العلاقة الأولي بينما حاولنا - وبطريقة مبسطة للغاية - شرح العلاقة الثالثة . أما العلاقة الثانية فيمثلها الشكل التالي الذي يوضح علاقة هرمونات النخامية بالغدد الصماء الأخري ومدي التداخل فيما بينها . ويمثل هذا الشكل إجمال هذه العلاقة أما تفصيلاتها فسنقوم بشرحها كل في موضعه .



وتعتبر هرمونات الهيبوثالاماس وعواملها الإفرازية أو المثبطة همزة الوصل بين النشاطين الكهربي والكيميائي للمناطق المرتبطة من الجهاز العصبي المركزي أو الطرفي (Central Nervous System CNS) وبداية التدفق الكيميائي أو الهرموني للإشارات التي تربط الهيبوثالاماس بالنخامية من جهة ، وبين النخامية وباقي الغدد أو الأعضاء التي تفرز الهرمونات النهائية الاثر(The ultimate hormone) في الجهاز الهرموني من جهة أخري .

ويتركب العديد من هذه الهرمونات من أقل من عشرة أحماض أمينية وتتميز بقصر فترة نصف العمر (Half life period) في سيرم الدم . وقد تم الكشف عن بعض من هذه الهرمونات وتبين تميزها بإرتفاع أوزانها الجزيئية كما تم التعرف علي البعض الآخر كمشتقات من الأحماض الأمينية وللهرمونات النهائية للتدفق الهرموني تأثيرات وظيفية مرتبطة بتأثير الهرمون علي مستوي الجسم عامة

ويبدأ تدفق الإشارات الهرمونية بصدور إشارات من أي من البيئتين الداخلية أو الخارجية External / Internal Environmental Signals إلي الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System CNS حيث يتم نقلها إلي الهيبوثالاماس Hypothalamus إما نقلا كهربيا أو كيميائيا Electrical or chemical transmission حيث تقوم الهيبوثالاماس بإفراز إما هرمون الفازوبرسين Vasopressin أو الأوكسيتوزين Oxytosin ثم يتم نقل كل منهما من أماكن تخليقها في أجسام خلايا عصبية خاصة متجمعة في أنوية محددة إلي النخامية العصبية Neurohypophysis سالكة في ذلك محاور تلك الخلايا العصبية التي تنتهي عند النخامية العصبية حيث يتم تخزينها هناك حتي وقت صدور إشارات بإفراز أي منها من النخامية العصبية حيث يعمل الفازوبرسين علي حفظ الإتزان المائي في الجسم بينما يؤثر الأوكسيتوزين علي عضلات الرحم والخلايا العضلية للغدد اللبنية فيعمل علي إنقباضها .

وعلي الجانب الآخر . تفرز الهيبوثالاماس هرمونات الإفراز Releasing hormones بكميات صغيرة تقدر بالنانوجرام (ng) في العادة . تنتقل هذه الهرمونات إلي النخامية الغدية عن طريق دورة بابية مغلقة تصل بين الهيبوثالاماس والنخامية الغدية Adenohypophysis . ويرتبط كل هرمون من هرمونات الإفراز بمستقبله الخاص به علي الغشاء الخلوي لخلية النخامية الغدية المستهدفة له (its target cell) محدثا إفراز هرمون النخامية المنبهة anterior pituitary hormone بكميات تقدر

بالميكروجرام (ug) في العادة . تنتقل هرمونات النخامية عن طريق الدورة الجهازية ليرتبط كل هرمون منها بمستقبله الخاص والموجود علي أغشية خلايا الغدة المستهدفة Target gland حيث يؤدي ذلك إلي إفراز هذه الخلايا لهرمونات الغدة مما يؤدي إلي حدوث إستجابة هرمونية hormonal response مناسبة هي عبارة عن إحداث تفاعلات كيميائية تعيد التغير الحادث في مكونات البيئة الداخلية إلي حالته الطبيعية من الإتزان وهو ما يعرف علميا بالثبات الذاتي أو الـ Hemiostasis .

وتتميز ميكانيكية التأثير هذه بتزايد معدلات الإفراز الهرموني وفترة نصف العمر في الإتجاه من الجهاز العصبي إلي الغدة المستهدفة . فيتم إفراز هرمونات الإفراز بكميات صغيرة جدا تقدر بالنانوجرام كما تتميز بقصر فترة نصف العمر حيث لا تزيد عن دقائق قليلة أما هرمونات النخامية الغدية فتفرز بكميات أكبر نسبيا تقدر بالميكروجرام حيث يكون لها فترة نصف عمر أطول نسبيا من هرمونات الهيبوثالاماس الإفرازية. وتزيد كمية المفرز من هرمونات الغدة المستهدفة وفترة نصف العمر لهذه الهرمونات عن هرمونات النخامية الغدية وعليه فيمثل حاصل ضرب كمية المفرز من الهرمون x فترة نصف العمر قيمة متزايدة في ميكانيكية هذا التتابع الإفرازي .

وتحدث مجموعة أو سلسلة من التفاعلات الإغتذائية العكسية السالبة Set of negative feedback reactions عندما يصل معدل إفراز الهرمون النهائي (هرمون الخلية المستهدفة) إلي أقصي حد له نتيجة الاستجابة للإشارات العصبية السابقة الذكر حيث تعمل تلك التفاعلات الإغتذائية علي كل مستوي من مستويات التدفق الهرموني :

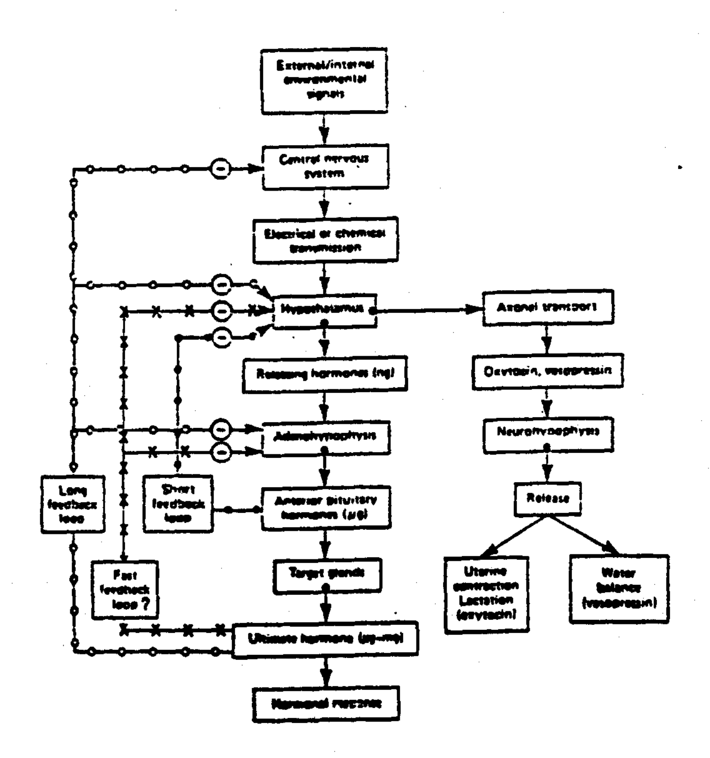
١ . فتؤثر هرمونات النخامية الغدية تأثيرا عكسيا علي خلايا الهيبوثالاماس المفرزة لهرمونات الإفراز فتثبط إفراز هرمونات إفرازها . وتعمل ميكانيكية هذا التأثير من خلال المستقبلات الموجودة علي أغشية خلايا الهيبوثالاماس علي تنظيم هرمون النخامية الغدية . ويسمي هذا التأثير بالمجري الإغتذائي العكسي القصير Short feedback loop .

٢ ـ وتحدث ميكانيكيات إغتذائية عكسية سالبة مهمة أخري تبدأ من الهرمون النهائي المفرز من الغدة المستهدفة حيث تتجه إلي أعلي لتؤثر علي كل من النخامية الغدية والهيبوثالاماس والجهاز العصبي المركزي ويسمي هذا التأثير بالمجري الإغتذائي العكسي الطويل Long feedback loop .

٣ . بالإضافة إلي ما تقدم فلقد تجمعت العديد من الأدلة علي حدوث مجري إغتذائي ثالث يتميز بأدائه السريع جدا ليسمح بالإنتقال السريع لهذا التأثير يبدأ أيضا من الهرمون النهائي ليتجه إلي كل من النخامية الغدية والهيبوثالاماس ليؤثر عليهما عن طريق مستقبلات خاصة في هذا المجال . وفي هذه الحالة قد يكون من المتوقع أن يظهر للهرمون النهائي تأثيراته علي النهايات العصبية لخلايا

الهيبوثالاماس لتقليل إفراز هرمون الإفراز عن طريق نوع من التأثير السريع لذا يسمي هذا النوع من التأثيــر بالمجري الإغتذائي العكسي السريع Fast feedback loop .

ويمكن تلخيص الطرق التي تسلكها العلاقة بين كل من الجهاز العصبي المركزي والهيبوثالاماس والنخامية والغدد الصماء المختلفة وهي إختصارا تمثل التكامل في العلاقة بين الجهازين العصبي والهرموني في الشكل التخطيطي التالي . مع ملاحظة أن الأسهم المميزة بوجود دائرة سوداء مسمطة تمثل بداية إفراز الهرمون .



الغـــدة الدرقيـــــة

Thyroid gland

موقع الغدة وتركيبها الخلوي :

تتكون الغدة الدرقية في جميع الحيوانات تقريبا من فصين بيضاويين أو كرويين لونهما أحمر يقعان علي جانبي القصبة الهوائية وفي مقدمتها . وقد يصل فصي الغدة شريط من نسيج ضام يسمي البرزخ (Isthmus) كما هو الحال في الماشية . ويكون البرزخ غير واضحا أو غائبا في الخيل والأغنام والماعز . وتقسم فصوص الغدة إلي فصيصات مختلفة الشكل والحجم عن طريق فواصل تحت الكبسولة الداخلية للغدة . وتتكون الفصيصات من حويصلات غدية عديدة glandular follicles تعتبر الوحدات التركيبية والوظيفية الأساسية للغدة والتي تختلف في شكلها من البيضاوي إلي الكروي حسب درجة نشاط الغدة . وتتكون كل حويصلة من طبقة واحدة من الخلايا الطلائية التي تختلف في شكلها من المكعبي إلي المفلطح إلي العمادي حسب درجة نشاط الغدة . وترتكز هذه الخلايا علي غشاء قاعدي basement membrane . وتعتبر هذه الخلايا مصدر إفراز هرمونات الدرقية .

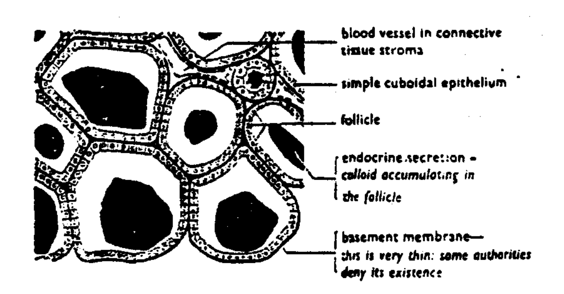
وتتكون أنسجة الغدة الدرقيــة من نوعين أساسيين من الخلايا هما : الخلايا الحويصلية Follicle cells وخلايا C cells الجارحويصلية Parafollicular cells والتي توجد علي الجدار الحويصلي أو المسافات البين حويصلية وهي الخلايا المسئولة عن إنتاج وإفراز هرمون الكالسيتونين Calcitonin الذي يعمل علي تخفيض مستوي الكالسيوم في الدم .

وتتركب الحويصلة من طبقة واحدة من الخلايا الطلائية تحيط بفراغ الحويصلةالذي يمتلئ بمحلول بروتيني لزج (محلول غروي) وتغلف الحويصلة بالغشاء القاعدي الذي يحيط بطبقة الخلايا الطلائية للحويصلة من الخارج . ويمتاز السائل الغروي في الحويصلة الغدية بكونه رائق المظهر وهو عبارة عن النواتج الإفرازية لخلايا الحويصلة الغدية والتي تتكون أساسا من جلوبيولينات الدرقية Thyroglobulins ويعتبر السائل الغروي الصورة المخزنة لهرمونات الدرقية .

أما الفراغ البين حويصلي Interfollicular space فيتكون من نسيج ضام يحتوي علي خلايا ليمفاوية وخلايا أكولة Lymphocytes and Macrophages . كما تحتوي علي مجاميع من الخلايا الطلائية تحيط بالفراغ وهي عبارة عن جدر بعض الحويصلات الغدية وليست تراكيب خاصة . كما

قد يحتوي النسيج البين حويصلي - في بعض الأحيان - علي أجزاء صغيرة من نسيج الغدة الجاردرقية أو الغدة التيموسية منغمسة في الغدة الدرقية .

ويوضح الشكل التالي شكلا تخطيطيا لقطاع عرضي في الغدة الدرقية .



هرمونـــات الدرقيــــة
Thyroid Hormones

تلعب هرمونات الغدة الدرقية دورا لا غني عنه في التأثير علي العديد من التفاعلات البيوكيميائية علي مستوي الأنسجة الطرفية التي تنظم في مجملها معدل التمثيل الغذائي القاعدي The Basal Metabolic Rate (BMR)للجسم .وتعتبر العضلات الهيكلية وعضلات القلب والكبد والكلي من الأنسجة الأساسية المستهدفة لفعل هرمونات الغدة الدرقية .

ويعتبر كل من الثيروكسين (T4) والثيرونين ثلاثي اليود Triiodothyronine (T3) هرمونات الدرقية الأساسية . والتي تحتوي علي أربعة أو ثلاثة ذرات من اليود علي التوالي . وعليه فيعتمد النشاط الطبيعي للغدة الدرقية علي توفر كمية كافية من اليود في الغذاء الذي تحتوي الغدة الدرقية علي نسبة عالية منه علي صورة متحدة مع البروتين سواء أكان ذلك داخل الحويصلات الغدية نفسها أو في المادة الغروية الموجودة في الفراغ الحويصلي ويسمي البروتين الموجود في المادة الغروية في الفراغ الحويصلي بالثيروجلوبيولين Thyroglobulinوهو البروتين الرئيسي الموجود بالغدة والذي يخزن في الغدة ولا يخرج منها إلي الدم إلا في صورة هرمون . وبإتحاده مع اليود يكون أيودو ثيروجلوبيولين Iodothyroglobulin وهو مركب يحتوي علاوة علي

الأحماض الأمينية المحتوية علي اليود علي كربوهيدرات علي صورة هكسوز أمين يصل نسبته الي ١٠٪. ويختلف وزنه الجزيئي بإختلاف الحيوانات حيث يتراوح ما بين ٦٠٠,٠٠٠ إلي ٧٠٠,٠٠٠ . ويحتوي الثيروجلوبيولين علي العديد من الأحماض الأمينية مثل الهستدين Histidin والفينايل ألانين Phenylalanin واللايسين Lysine والأرجنين Arginine والتيروزين Tyrosine والتريبتوفان Tryptophane والليوسين Leusine والمثيونين Methionine والألانين Alanine والجلايسين Glycine والسيستين Cystine والفالين Valine فضلا علي إحتواؤه علي مشتقات من ثلاثة أحماض أمينية هي : L - histidine, L - thyronine , L - tyrosine .

التأثيرات البيولوجية والجزيئية لهرمونات الدرقية :

Biological and Molecular Actions of Thyroid Hormones :

أولا : التفاعلات مع الأنسجة المستهدفة Interactions with Target Cells :

إن أهم التأثيرات البيولوجية لكل من الثيروكسين وال (T_3) في الحيوانات ذات الدم الحار هو زيادة معدل إستهلاك الأنسجة من الأكسوجين وما يصاحب ذلك من إنتاج الحرارة وزيادة معدل التمثيل للكربوهيدرات والدهون والبروتينات في الكبد والكلي والقلب والعضلات . كما يصاحب ذلك زيادة في صادر القلب (cardiac output) مع زيادة في التهيج العصبي (neural irritability) .

وتنحصر ميكانيكية التأثيرات البيولوجية لهرمونات الدرقية علي :

١) تأثيراتها علي الأكسدة الفسفورية Actions in oxidative phosphorylation

٢) تنبيه تكوين ال (RNA) وتخليق البروتين Stimulation of RNA and Protein Synthesis

٣) تأثيرها علي الإنتقال الأيوني خلال الأنسجة الخلوية Cell Membrane Iontransport

ثانيا : تأثيراته علي الغدد الصماء الأخري :

تساعد هرمونات الدرقية علي إظهار تأثير هرمون النمو المفرز من النخامية الغدية في تنشيط عمليات البناء بالأنسجة .

كما يتوقف النشاط الطبيعي للغدد الجنسية علي درجة نشاط الغدة الدرقية . فلقد لوحظ مثلا كبر حجم الغدة الدرقية أثناء فترة الحمل . وغالبا ما تكون العلاقة بين الغدة الدرقية والغدد الجنسية علاقة غير مباشرة عن طريق الغدة النخامية . فتؤدي إزالة الغدد الجنسية في الحيوان إلي

إنخفاض نشاط الغدة الدرقية . ويمكن تعليل ذلك بأن إزالة الغدد الجنسية يؤدي إلي قلة إفراز ال (TSH) . ومما يؤكد ذلك ميل الحيوانات المخصية إلي السمنة نتيجة لإنخفاض نشاط الغدة الدرقية .

ويؤدي الحقن بكميات كبيرة من الثيروكسين إلي إنخفاض إفراز الغدة النخامية من الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية Gonadotrophic Hormones وعلي ذلك يقلل الحقن بالثيروكسين بكميات كبيرة من نشاط الغدة الجنسية بطريق غير مباشر كما يتأخر البلوغ الجنسي في حالة إنخفاض نشاط الغدة الدرقية . وتتعارض هرمونات الدرقية مع فعل الهرمون المنظم لإدرار البول في تنظيم وحفظ التوازن المائي بالجسم .

ويؤثر الثيروكسين علي الأنسجة فيجعلها أكثر حساسية لفعل الأدرينالين أو للإشارات السمبثاوية وإفراز هرمونات قشرة فوق الكلية .كما يقلل الأدرينالين من فعل الثيروكسين علي التمثيل الغذائي القاعدي . ويعلل ذلك سرعة التمثيل الغذائي القاعدي عند إستئصال قشرة فوق الكلية . وللثيروكسين تأثير مضاد لفعل هرمون الإنسولين .

<u>ثالثا : تأثيرات هرمونات الغدة الدرقية علي عمليات التمثيل الغذائي للمركبات الغذائية</u> :

١) <u>تمثيل البروتينات</u> : يؤثر الثيروكسين علي تمثيل البروتينات سواء أكان هذا التأثير علي عمليات نقلها أو هدمها . ويتوقف هذا التأثير علي المستوي الهرموني للغدة والحالة الفسيولوجية العامة للجسم . فيؤدي زيادة إفراز الثيروكسين إلي إضمحلال الأنسجة الأصلية وزيادة الفقد في نتروجين الجسم عن طريق البول. بينما يؤدي حقن الهرمون بكميات فسيولوجية في الحيوانات المستأصل منها الغدة النخامية إلي نمو الأنسجة وزيادة نسبة بروتين الجلد والشعر. ويثبت ذلك أن للثيروكسين تأثير بنائي حتي في حالة عدم وجود النخامية أي في غياب هرمون النمو . كما وجد تأثير خاص للثيروكسين علي عمليات التطور في البرمائيات

٢) <u>تمثيل الكربوهيدرات</u> : يساعد الثيروكسين علي سرعة إمتصاص السكريات الأحادية من جدر القناة الهضمية كما يقلل من جليكوجين الكبد ويزيده في الدم لمواجهة إحتياجات الجسم في عمليات التمثيل المختلفة . ويؤدي حقن الثيروكسين بكميات كبيرة في الحيوانات المنزوع منها البنكرياس إلي ظهور أعراض مرض السكر وذلك لزيادة تكوين السكر في الدم مع عدم المقدرة علي تحويلة إلي جليكوجين لغياب الإنسولين .كما تزداد حالة مريض السكر سوءا عند حقنه بالثيروكسين لزيادة تكوين السكر مع زيادة تحول الجليكوجين إلي جلوكوز .

٣) تمثيل الدهون : يؤدي نقص الثيروكسين إلي زيادة كولستيرول الدم مع إرتفاع في تركيز الفوسفوليبيدات وترسيب الدهن في مناطق معين (تحت الجلد وحول الأحشاء) . ويحدث العكس عند زيادة نشاط الغدة الدرقية .

٤) تمثيل الماء والأملاح : ينظم الثيروكسين عملية إعادة إمتصاص الماء في الأنيبيبات الكلوية . وهو في ذلك يتعاون مع هرمون (ADH) وبذا فإن للثيروكسين دور في حفظ الإتزان المائي . وتعمل زيادة الثيروكسين علي زيادة إفراز البول عند مرضي سلس البول النخامي والمعروف بإسم Diabetes insipidus كما يزيد من فقد الكالسيوم والفوسفور من الهيكل العظمي عن طريق البول والبراز مع ثبات تركيزهما في الدم . ويؤدي نقص الثيروكسين إلي نقص حجم الدم نتيجة لإنتقال الصوديوم والكلوريد من الأوعية الدموية إلي المسافات البين خلوية .

رابعا : تأثير الثيروكسين علي الإتزان الحراري بالجسم : يؤدي الثيروكسين إلي زيادة الإنتاج الحراري في جميع أنسجة الجسم ما عدا نسيج الغدة نفسها . وتعزي هذه الزيادة إلي زيادة كمية الأكسوجين المستهلكة وزيادة عمليات الأكسدة وخروج الطاقة بواسطة خلايا الأنسجة المختلفة . ويعتبر الثيروكسين المسئول الأول عن ٣٠ : ٤٠ ٪ من كمية الطاقة الحرارية المتولدة في الجسم الطبيعي. وتشترك بعض الهرمونات الأخري مثل هرمون النمو والإبينفرين والجلوكوكورتيكويد مع الثيروكسين في هذا المجال حيث تعمل مجتمعة علي إحداث التوازن الفسيولوجي للفرد وتنظيم عملية توليد الطاقة الحرارية بزيادتها أو نقصها .

خامسا : تأثير الثيروكسين علي الجهاز الدوري: يؤدي نقص الثيروكسين إلي تضخم القلب مع بطء ضرباته وضعف قوته والعكس صحيح عند زيادة إفراز الثيروكسين حيث يؤدي إلي زيادة ضربات القلب وزيادة حجم الدم المندفع في الضربة الواحدة وإتساع الأوعية الدموية وارتفاع ضغط الدم .

سادسا : تأثير الثيروكسين علي الجهاز العصبي : يؤدي زيادة الثيروكسين إلي زيادة حساسية الجهاز العصبي للمؤثرات الخارجية والصدمات الكهربائية . أما نقصه فيؤدي إلي إنخفاض درجة مقاومة الجهاز العصبي لفعل المؤثرات الخارجية مع ضعف التأثير الطبيعي للمؤثرات كالضوء والصوت .

سابعا : تأثير الثيروكسين علي التناسل :للثيروكسين دور كبير في التناسل في مختلف أجناس الحيوانات . ويتوقف ذلك التأثير علي عمر الحيوان وجنسه وفصل السنة .... الخ . فيؤدي نقص الهرمون في المراحل المبكرة من العمر إلي تأخير التطور الجنسي للذكر كما يؤثر علي إنتاج البويضات في الأنثي وعدم إنتظام

دورات الشبق في الإناث البالغة جنسيا . كما قد يحدث تحوصل للمبيض أحيانا . ولكن يعمل الحقن بجرعات فسيولوجية صغيرة من الثيروكسين علي تكوين الجاميطات. ويرجع ذلك كله إلي تأثير الثيروكسين علي عمليات التمثيل الغذائي للمواد البروتينية

ثامنا : تأثير الثيروكسين علي الإنتاج : لقد أصبح من الثابت الآن ونتيجة لسلسلة من البحوث التي أجريناها منذ عام ١٩٦٩ وحتي الآن لبحث مدي تأثير الثيروكسين علي كل من إنتاج البيض واللحم من الدجاج وإنتاج اللبن من الأغنام والابقار وعلي إنتاج الصوف والفرو من الأغنام والأرانب علي وجود تأثيرات جوهرية ومعنوية لهرمونات الدرقية علي نوعية كمية المنتج من هذه الحيوانات . فلقد وجدنا أن فرط نشاط الغدة الدرقية يؤدي إلي قلة إنتاج البيض مع إنخفاض معدل النمو في دجاج اللحم والبيض علي السواء . ولقد أمكن نتيجة إستعمال بعض المركبات المثبطة للدرقية مثل مركبات الميركابتوأميدازول من زيادة إنتاج البيض لأكثر من ٣٠ ٪ عن المعدل الطبيعي حيث وصل إنتاج البيض من بعض سلالات اللجهورن إلي ٢٣٠ بيضة سنويا. كما أدت الطرق المستخدمة لتثبيط وتقليل درجة نشاط الغدة الدرقية إلي إرتفاع معدل الزيادة في الوزن في دجاج الكورنيش حتي وصل وزن الدجاجة إلي ما يقرب من ٤ كجم عند عمر ١٢ شهرا . كما وجد أن للثيروكسين تأثير كبير علي كمية المنتج من اللبن في الابقار والصوف في الأغنام . حيث تؤدي زيادة الثيروكيبن إلي إنخفاض إنتاج اللبن والصوف علي السواء . ويمكن أن تعزي قلة الإنتاج نتيجة لزيادة معدل إفراز الثيروكسين إلي زيادة عمليات الأكسدة في الجسم مما يقلل من الكفاءة التحويلية للغذاء .

هذا – ولا تقتصر تأثيرات هرمونات الدرقية علي كمية الإنتاج فحسب بل يتعداه إلي نوعيته . فلقد لوحظ إرتفاع تركيز فيتامين (A) وقلة الكاروتين في البيض الناتج من الدجاج المعامل بالثيروكسين عنه في الدجاج المعامل بمثبطات الدرقية . وقد عزونا ذلك إلي دور الثيروكسين في تحويل الكاروتين إلي فيتامين (A) . كما زاد وزن البيضة إلي ما يقرب من ٧٠ جرام مع تحسن كل مقاييس جودة البيض في دجاج اللجهورن المعامل بالثيروكسين . وقد عزونا ذلك إلي وجود إرتباط سالب بين كمية الإنتاج ووزن البيضة .

العوامل التي تؤثر علي نشاط الغدة الدرقية :

بالإضافة إلي ما سبق أن ذكرناه من أن نشاط الغدة الدرقية يقع تحت تأثير هرمون الـ (TSH) المفرز من النخامية الغدية وكذا هرمون الـ (TRH) المفرز من الهيبوثالاماس فإن لكثير من العوامل البيئية والظروف الغذائية تأثير واضح علي معدل نشاط الغدة الدرقية نلخصها فيما يلي :

١) **الظروف الغذائية** : تؤدي التغذية الجيدة والمتزنة إلي زيادة نشاط الغدة . ويعتبر اليود من أهم العناصر الغذائية ذات الأهمية الخاصة نظرا لدخوله في تكوين هرمونات الدرقية . فيسبب نقص اليود ضعف نشاط الغدة . كما يسبب نقص فيتامين (B) نقص اليود .كما تسبب زيادة كالسيوم الغذاء نقص في معدل الإستفادة من اليود وبالتالي يقلل من درجة نشاط الغدة. ولا يصح أن نغفل ما لنقص الأحماض الأمينية اللازمة للتخليق الحيوي للثيروكسين من تأثير مثبط علي درجة نشاط الغدة .

٢) **الظروف الجوية** : يثبط إرتفاع الحرارة الجوية نشاط الغدة الدرقية والعكس صحيح في حالة إنخفاض درجة الحرارة وتؤدي زيادة الإضاءة وإستمرارها تثبيط معدل نشاط الغدة الدرقية . كما يقل نشاط الغدة أيضا عند حدوث إجهاد عصبي أو جسماني وذلك نتيجة قلة إفرز هرمون الـ (TSH) وزيادة إفراز هرمون الـ (ACTH) .

٣) تأثير مضادات هرمونات الغدة الدرقية

حالات نقص هرمونات الدرقية : تتلخص أسباب حدوث النقص في هرمونات الدرقية فيما يلي :

اولا : **نقص وظيفة الأنسجة الدرقية** : والذي قد يتسبب عن :

١) التهاب الغدة الناتج عن نقص المناعة الطبيعية المزمن أو إستئصال الغدة .

٢) بعد العلاج باليود المشع Postradioactive iodine treatment

ثانيا : **حدوث خلل في عملية التخليق الطبيعي لهرمونات الدرقية** : والذي ينتج من عيوب وراثية أو نقص اليود .أو إستعمال أو تناول مركبات مضادة لنشاط الغدة .

ثالثا : **نتيجة حدوث نقص في هرمونات النخامية** : الناتج من نقص إفراز إما الـ (TSH) من النخامية الغدية أو الـ (TRH) من الهيبوثالاماس .

ويعتبر مرض الكشامة أو الفدامة أو القماءة (Cretinism) هو الصورة الحادة لنقص نشاط الغدة الدرقية إلا أنه أقل إنتشاراً من مرض تضخم الغدة الدرقية (الجويتر Goiter) أو الأوديما المخاطية. ويمتاز المصابون بهذا المرض بالضعف العقلي وإضطراب في الجهاز العصبي المركزي.

وهناك العديد من الأمراض الوراثية المؤدية إلي حدوث عيوب في خطوة أو أكثر من خطوات التخليق الطبيعي لهرمونات الدرقية وهي تشمل عيوب في :

١) تركيز الأيوديد Iodide concentration . ٢) تعضون الأيوديد Iodide organification .

٣) تخليق الثيروجلوبيولين . ٤) تكوين إنزيم ال Iodotyrosine haloginase

٥) فقد حساسية الغدة لفعل هرمون ال (TSH) .

<u>حالات زيـــادة هرمــــونات الدرقية :</u>

١) مرض Graves' desease وأهم أعراضه جحوظ مقلة العين (exophthalmos)

٢) الورم الغدي التسممي Toxic adenoma والناتج من فرط حساسية الغدة الدرقية لفعل هرمون ال (TSH) أو الوظيفة التلقائية للغدة (autonomous function) ويمكن علاج هذا النوع من زيادة إفراز هرمونات الدرقية بإستعمال العقاقير المضادة للغدة الدرقية .

<u>ويوجد العديد من حالات زيادة إفراز الغدة الدرقية البسط (Minor types) وتشمل</u> :

١) حدوث ورم في الغدة النخامية ينشأ عنه زيادة إفراز هرمون ال (TSH) .

٢) التسمم الدرقي (Thyrotoxicosis) الغير طبيعي أو الصناعي الذي ينشأ من تناول المريض هرمونات الدرقية لفترات طويلة رغبة لفقد وزنه .

<u>الأعراض الناتجة عن حدوث تغير في معدل نشاط الغدة عن الحدود الطبيعية :</u>

يصاحب أي تغير في درجة نشاط الغدة الدرقية عن الحدود الطبيعية كثير من الأعراض المرضية نذكرها ملخصة في حالات زيادة أو نقص معدل إفراز الغدة لهرموناتها

<u>أولا : أعراض نقص إفراز الغدة الدرقية (Hypoactivity)</u> :

إذا أخفقت الغدة الدرقية عن إنتاج أو إفراز القدر المناسب والمطلوب من هرموناتها في سن مبكرة من حياة الحيوان فإن ذلك يؤدي إلي الإصابة بمرض الكشامة أو الفدامة أو القماءة

(Cretinism) حيث يقف النمو الجسمي والعظمي ويصبح الحيوان قزما ويقل معدل التمثيل الغذائي ويبطؤ النبض وتصبح الأسنان غير طبيعية.

أما إذا حدث النقص بعد البلوغ الجنسي فإنه يحدث الإصابة بالورم الغدي المخاطي والمعروف بإسم المكسوديما (Myxoedema) . ومن أهم أعراضه الهبوط العام وزيادة سمك الجلد وسقوط الشعر وانخفاض كمية الصوف وضعف النبض وإنخفاض درجة الحرارة وقلة الشهية مع قلة إفراز البول وإنخفاض معدل التمثيل الغذائي مع قلة التحمل للبرد وضعف النشاط الجنسي وزيادة ترسيب الدهن مع زيادة كمية الكولستيرول والفوسفوليبيدات في الدم

ثانيا : <u>الأعراض الناتجة عن نقص اليود</u> :

يؤدي نقص اليود في الغذاء إلي نقص تكوين الثيروكسين وبالتالي تضخم الغدة الدرقية وهو ما يسمي بالجويتر المتوطن (Endemic goiter) والذي ينتشر في الأماكن البعيدة عن البحار والتي تخلو أراضيها ومياهها من اليود . ولقد أمكن الوقاية من إنتشار هذا المرض في كثير من الأحوال بإضافة يودور البوتاسيوم الي ملح الطعام بنسبة ٠٠٥ر : ٠٢ر٪

ثالثا : <u>أعراض استئصال الغدة الدرقية</u> :

يؤدي استئصال الغدة إلي وقف النمو في الحيوانات الصغيرة ويظهر هذا واضحا في الجهاز العظمي لهذه الحيوانات . كما يؤدي استئصال الغدة أيضا إلي التأخير وعدم الوصول إلي النضج الجنسي مع قلة الحيوية والكسل العام وزيادة سمك الجلد وسقوط الشعر وانخفاض معدل التمثيل الغذائي القاعدي عن معدله الطبيعي مع إنخفاض درجة حرارة الجسم .

رابعا : <u>أعراض زيادة إفراز الغدة الدرقية (Hyperactivity)</u> :

تكبر الغدة الدرقية في الحجم مع جحوظ العينين وزيادة النشاط التمثيلي وتضاعف حيوية الجسم وحدة الذهن مع سرعة النبض ويصبح العقل في حالة نشاط متواصل . وتعالج هذه الحالة بإستئصال جزء من الغدة جراحيا أو بأحدي مضادات الدرقية .

الغدة الجاردرقيـــة
PARATHROID GLAND

تعتبر الغدة الجاردرقية من الغـدد الأساسية اللازمـة لإستمرار الحيـاة .ولقد أمكـن التعرف عليها في كل أجناس الفقاريات الأعلي من الأسماك . وقد تكون الغدة الجاردرقية - في أحـوال كثيرة - منغمسة في كبسولة الغدة الدرقية من الناحية الظهرية . ويختلف مدي الإرتباط وموقع الغدة بإختلاف أنواع الحيوانات . كما قد تكون منغمسة في الغدة التيموسية . ويختلف شكل الغدة وعدد أجزائها بإختلاف أجناس الحيوانات . فبينما توجد - في أغلب الفقاريات - علي السطح الخلفي لفصوص الغدة الدرقية إثنان منها في الجهة العلوية والأخرتان في الجهة السفلية إلا أنها قد لا توجد بالمرة في بعض الفقاريات الأخري مثل الأسماك . أو قد تتكون من أجسام صغيرة تقع خلف الدرقية وملاصقةلفروع الوريد الوداجي الوحشي External jugular vein حيث يمكن إزالتها بسهولة دون الإضرار بالدرقية كما هو الحال في البرمائيات . أما في الزواحف فتتكون الغدة من زوجين وفي بعض الأنواع الأخري توجد في ثلاثة أزواج .

التركيب الخلوي للغدة الجاردرقية :

يحاط كل جزء من أجزاء الغدة الجاردرقية بغلاف من نسيج ضام تخرج منه حواجز غير كاملة تقسمها إلي فصوص غير كاملة أيضا . وتحتوي فصوص الغدة علي مجموعات من الخلايا الطلائية المندمجة والمرتبة علي هيئة صفوف أو أحبال . وتوجد هذه الخلايا علي نوعين :

١) الخلايا الأساسية أو الرئيسة الغير محببة Non granular chief or principal cells

وهي الأكثر وجودا . ذات سيتوبلازم متجانس يصبغ بلون باهت بالصبغات الحامضية ونواة من النوع الحويصلي (Vesicular) . وتعتبر تلك الخلايا المسئولة عن التخليق الحيوي لهرمون الغدة الجاردرقية Parathyroid hormone (PTH) .

٢) الخلايا المحبة للحمض المحببة Granular Oxyphil cells :

وهي الأقل عددا . تحتوي علي حبيبات يمكن صبغها بالصبغات الحامضية مثل صبغة الأيوسين . ونواتها صغيرة شديدة الصبغ . ولا يعرف حتي الآن الوظيفة البيولوجية لتلك الخلايا إلا أنها قد تكتسب القدرة علي إفراز هرمون الجاردرقية في بعض حالات زيادة نشاط الغدة

الثبات الذاتي لكل من الكالسيوم والفسفور

يعتبر الكالسيوم والفوسفور من أكثر العناصر الغير عضوية شيوعا في أجسام الإنسان والحيوانات المختلفة . حيث يكونان معا المعادن التركيبية . كما يعتبر الكالسيوم والفوسفور من العوامل اللازمة لحدوث العديد من العمليات الخلوية .

ويحتاج الكائن الحي إلي إمداد كافي من الكالسيوم والفوسفور لحدوث درجة مثلي من النمو ومقابلة إحتياجاته التمثيلية والتركيبية . لذا فيجب إمداد الكائنات الراقية بالكالسيوم والفوسفور بصفة مستمرة ودائمة . وبالتالي فيجب أن يكون مستوي تركيزهما في البلازما ثابتا وفي حدود ضيقة من التغيير بفضل ميكانيكية تنظيمية شديدة الدقة . وتشترك ثلاثة أنسجة محددة في إحداث الثبات الذاتي لكل من الكالسيوم والفوسفورCalcium and phosphorus homeostasis في الحيوانات الراقية وهي :

١) الأمعاء : يدخل عن طريقها أيونات الكالسيوم والفوسفور إلي البيئة الداخلية للكائن الحي
٢) العظام : يخزن فيه هذين العنصرين للمساهمة في تنظيم مستواهما في الدم دقيقة بدقيقة.
٣) الكلي : وفيها يتم مراقبة وتنظيم معدل إفرازهما .

فيتوافق التكوين المورفولوجي والتركيب الخلوي للأمعاء لتكون لها كفاءة خاصة في عمليات إمتصاص المكونات الغذائية بصفة عامة والكالسيوم والفوسفور بصفة خاصة . أما التكوين التشريحي للطبقة المخاطية في الأمعاء فيعطي كفاءة مثلي للنسبة بين سطح خلايا تلك الطبقة إلي حجمها وبالتالي يسهل عمليات الإمتصاص المعوي .

ويعتبرالنسيج العظمي نسيج معقد ديناميكي دائم التغير في إتجاهات النشاط التمثيلي لمختلف خلاياه أو حركة تدفق المواد المعدنية داخل أو خارج مختلف أجزاء العظم . ويتكون من خلايا ومادة بين أو خارج تلك الخلايا تتكون من مركبات عضوية وأخري معدنية . وتتكون خلايا العظم من أنواع عديدة من الناحية المورفولوجية والوظيفية هي :

١) خلايا الغضروف Chondrocytes تفرز المرقد الكولاجيني Collagen matrex للمنطقة الغضروفية
٢) الخلايا المكونة للعظم Osteoblast .
٣) الخلايا المحللة للعظم Osteoclast. وهي خلايا متعددة الأنوية تقوم بتحليل العظام .

ويمكن تقسيم كالسيوم العظم إلي صورتين أساسيتين :

الصورة الأولي : القابلة للتبادل وهي تنقسم بدورها إلي جزئين : الأول القابل للتبادل السريع وفيه يحدث التبادل دقيقة بدقيقة . والثاني القابل للتبادل البطيئ .

الصورة الثانية : هي الصورة الثابتة وهي التي تساهم في عمليات إعادة صياغة العظم والتي تشمل علي معدنته وزيادة تكوينه (كما في حالة النمو) وإنحلاله .

وتقع كل من عمليتي تكوين العظام وانحلالها تحت تأثير المنظمات الهرمونية لتمثيل الكالسيوم .

ولا تعتبر الكلية مسئولة عن الثبات الذاتي للإلكتروليتات في الجسم وترشيح وإزالة الفضلات النيتروجينية فحسب ، بل أنها تعمل أيضا كغدة صماء للعديد من أقسام الهرمونات والتي تشمل الصور من فيتامين (D) ذات النشاط الهرموني .

ويتم تنظيم مستوي الكالسيوم في الدم من خلال التداخل بين تأثير كل من :

١) تحريك الكالسيوم من وإلي العظم . ٢) إمتصاص الكالسيوم من خلال الأمعاء .

٣) إعادة إمتصاص الكالسيوم المرشح من الكريات الكلوية من خلال الأنيبيات الكلوية .

ويتحقق الثبات الذاتي لكل من الكالسيوم والفوسفور بحدوث نوع من التوافق الشديد بين معدلات إمتصاصهما من الأمعاء الدقيقة وتراكمهما وإعادة إمتصاصهما بواسطة الأنسجة العظمية وإفرازهما عن طريق الكلي .

وتشمل المنظمات الهرمونية لتمثيل الكالسيوم والفوسفور ثلاثة منظمات منها هرمونين ببتيدين هما هرمون يفرز من الغدة الجاردرقية Parathyroid hormone (PTH) وهرمون الكالسيتونين Calcitonine (CT) من الغدة الدرقية أما المنظم الثالث فهو فيتامين (D) ونواتجه التمثيلية . وتؤدي التأثيرات المتبادلة والمتكاملة لتلك المنظمات الثلاثة إلي الإحتفاظ بدرجة عالية من الثبات الذاتي لكل من الكالسيوم . ولا يقتصر ضرورة وجود درجة عالية من الثبات الذاتي للكالسيوم والفوسفور علي الدم فحسب بل يوجد هذا الثبات علي نسبتيهما في جميع السوائل البين خلوية أي الموجودة خارج الخلايا.

النظريات المفسرة لميكانيكية تحقيق الثبات الذاتي لكل من الكالسيوم والفوسفور :

لقد كان من المعتقد قبل معرفة الدور الحيوي الذي يلعبه كل من الكالسيتونين وفيتامين (D) ونواتجة التمثيلية بالإشتراك مع هرمون الجاردرقية في تنظيم مستويات كل من الكالسيوم والفوسفور في الدم ومختلف سوائل الجسم ثابتا عند الحدود الفسيولوجية لكل جنس من أجناس الحيوانات المختلفة

أن لهرمون الجاردرقية الأهمية الكبري في تنظيم أيونات الكالسيوم في سوائل الجسم حيث يتركز فعله البيولوجي - حسب هذا الإعتقاد - عن طريقين هما الكلي حيث تنظم إخراج الفوسفات الغير عضوية في البول والعظم حيث يساعد علي تحريك الكالسيوم من العظام إلي الدم . لذا وضعت نظريات لمحاولة تفسير ميكانيكية الفعل البيولوجي لهرمون الجاردرقية نذكر منها :

أولا : النظرية العظمية Osteous Theory :

وملخص هذه النظرية أنه عندما ينخفض مستوي كالسيوم سيرم الدم تتنبه الغدة الجاردرقية فيزيد معدل إفرازها لهرمون الباراثرمون الذي يعمل علي زيادة نشاط الخلايا الهادمة العظمية Osteoclast في إنحلال العظم Osteolysis وإنتقال الكالسيوم منه إلي سيرم الدم فيرتفع مستواه في السيرم مما يكون له تأثير إغتذائي عكسي علي معدل إفراز الباراثرمـــون (تنقص الكمية المفرزة منه) فيقل عندئذ نشاط الخلايا الهادمة العظمية مما يسمح بترسيب الكالسيوم الزائد في العظم وينخفض تبعا لذلك كالسيوم الدم مرة أخري مما يؤدي إلي تنبيه الجاردرقية لإفراز الباراثرمون ... وهكذا . ويمكن تبسيط ذلك كما يلي :

كالسيوم السيرم ←—— ينبه ←—— الجاردرقية ←—— إفراز ←—— الباراثرمون

↑ ↓ينشط

إنخفاض الخلايـــا الهادمـــة

يؤدي إلي العظمية Osteoclast

↑ ↓ تنبه ↓تمنع

الباراثرمون ← يثبط إفراز ← كالسيوم السيرم ← يزيد ← إنحلال العظم ↓

ترسيب الكلسيوم في العظم

ثانيا : النظرية الكلوية Renal Theory :

ويبني جوهر هذه النظرية علي أساس أن للباراثرمون تأثير علي الأنيبيات الكلوية حيث يقلل من مقدرتها علي إمتصاص أو إعادة إمتصاص الفوسفات من البول فيزيد نتيجة لذلك تركيز الفوسفات في البول ويقل تركيزها في الدم مما يستتبعه زيادة تركيز الكالسيوم في الدم فيؤدي ذلك إلي تثبيط إفراز الباراثرمون فينخفض تركيزه مما يساعد علي زيادة مقدرة الأنيبيات الكلوية علي إعادة إمتصاص الفوسفات من البول ويقل تركيزها في البول ويزيد تركيزها في الدم مما يؤدي إلي قلة تركيز الكالسيوم في الدم فيزداد من جديد معدل إفراز الباراثرمون ... وهكذا .ويمكن تبسيط ذلك كما يلي

زيادة ⟵ إفراز الباراثرمون ⟵ يؤثر علي ⟵ الأنيبيات الكلوية

↑ تقلل الفوسفات يزيد كالسيوم

ينبـــه في الدم وتزيد الدم

↑ في البول ↓ يثبط

الجاردرقية

كالسيوم الدم ← يقل ← الأنيبيات الكلوية ← يؤثر علي ← الباراثرمون ← يقل إفراز

تزيد الفوسفات في

الدم وتقل في البول

مما تقدم يتضح لنا أن أساس النظرية الأولي مبني علي العلاقة العكسية بين درجة تركيز كالسيوم السيرم ودرجة نشاط الغدة الجاردرقية علي إفراز الباراثرمون . ومعتنقوا فكر هذه النظرية لا يعطون للعلاقة بين تركيز الكالسيوم وتركيز الفوسفات أي إعتبار . ولكن إهتمامهم الأساسي منصب علي إستجابة الخلايا الهادمة العظمية لتأثير الباراثرمون وما تستتبعه هذه الإستجابة من تغيير في درجة تركيز كالسيوم السيرم .أما أساس النظرية الثانية فمبني علي العلاقة العكسية بين تركيز كل من الفوسفات والكالسيوم . وهم في ذلك يعطون كل الأهمية إلي تأثير الباراثرمون علي الأنيبيات الكلوية والتي ونتيجة لإستجابتها لفعل الباراثرمون تغير من درجة تركيز الفوسفات إرتفاعا أو إنخفاضا مما يستتبعه تغير عكسي في درجة تركيز الكالسيوم في الدم .

ومهما إختلفت النظريتان إلا أنهما يتحدان في جوهر واحد وهو وجود علاقة عكسية مباشرة بين تركيز الكالسيوم في الدم وكمية المفرز من الباراثرمون . ولقد أغفلت النظريتان العلاقة العكسية بين معدل إفراز الباراثرمون من الجاردرقية والكالسيتونين من الدرقية كما أغفلتا الدور الحيوي لكل من الكالسيتونين وفيتامين(D) ونواتجه التمثيلية في إحداث الثبات الذاتي لكل من الكالسيوم والفوسفور في سوائل الجسم المختلفة .وهو ما سنقوم بشرحه بشيئ من التفصيل فيما يلي :

دوركل من هرمون الجاردرقية والكالسيتونين وفيتامين(D) ومشتقاته التمثيلية في إحداث الثبات الذاتي للكالسيوم والفوسفور :

١) هرمـــون الجــــاردرقية :

تعتبر كل من الكلي والعظم الأعضاء الأساسية المعرضة لفعل هرمون الجاردرقية . ولو أن لهذا الهرمون تأثير علي الأمعاء . إلا أن هذا التأثير يكون غير مباشر حيث يتحقق نتيجة لتأثيره التنشيطي في تنبيه تخليق الكلي للـ $1,25(OH)_2D_3$.

وتتلخص التأثيرات البيولوجية لهرمون الجاردرقية في أنه يؤدي إلي زيادة كل من :

١) تركيز كالسيوم البلازما .

٢) معدل إفراز الكلي للفوسفات المحتوية علي الهيدروكسي برولين لتقليل إفرازالكالسيوم .

٣) معدل التحلل العظمي Osteolysis بواسطة خلايا الـ Osteoclast والـ Osteocytes .

٤) يزيد معدل تحول الـ $25(OH)_2D_3$ إلي الـ $1,25(OH)_2D_3$ في أنسجة الكلي .

ويستجيب العظم لتاثيرات هرمون الجاردرقية علي مرحلتين حيث يعمل - خلال دقائق من حقنه - علي تحريك معادن العظام ورفع مستويات الكالسيوم والفوسفور في الدم.وتستعمل هذه الخاصية في التقدير البيولوجي للهرمون في الحيوانات المستأصل غددها الجاردرقية . ويعمل - علي المستوي البطيئ - علي زيادة حجم وعدد الخلايا الهادمة العظمية (Osteoclasts) فينقلب التوازن بين تلك الخلايا وخلايا البناء العظمي (Osteoblast) ويكون معدلات التحلل العظمي أعلي قليلا من معدلات البناء . مما يؤدي إلي توازن هيكلي سلبي لكل من الكالسيوم والفوسفور .

وينبه هرمون الجاردرقية إخراج الفوسفات في البول بينما يشجع إعادة إمتصاص الكالسيوم . ويتم ذلك من خلال تأثيره علي الأنيبيبات الكلوية القريبة (Proximal tubule) .

٢) الكالسيتونيـــــن Calcitonine :

يعتبر تركيز أيونات الكالسيوم في بلازما الدم والسوائل البين خلوية من أهم العوامل الفسيولوجية التي تؤثر علي مدي إفراز خلايا (C) في الغدة الدرقية للكالسيتونين . ويفرز الكالسيتونين بإستمرار تحت الظروف الطبيعية من تركيز الكالسيوم في الدم ويزداد معدل إفرازه

كإستجابة لإرتفاع نسبة الكالسيوم في سيرم الدم .ويتلاشي التأثير التنبيهي لتكوين الكالسيتونين عند إنخفاض كالسيوم السيرم . ويعتبر تخزين كميات كبيرة من المواد المكونة للكالسيتونين في خلايا (C) وسرعة إفراز الهرمون كإستجابة لأي زيادة في كالسيوم سيرم الدم عن الطبيعي إنعكاسا للدور الفسيولوجي للكالسيتونين كهرمون طوارئ يمنع زيادة تركيز الكالسيوم في الدم .

ويزداد إفراز الكالسيتونين كإستجابة لإرتفاع نسبة الكالسيوم في العليقة وحتي قبل حدوث أي زيادة في نسبة كالسيوم الدم . وقد يرجع ذلك إما إلي زيادة حساسيةالكالسيتونين لأي زيادة ولو طفيفة أو غير محسوسة في كالسيوم الدم أو إلي نوع من الإستجابة أو الفعل العكسي بين الكالسيتونين وبعض الهرمونات الهضمية ذات الحساسية الشديدة لنسبة الكالسيوم في العصارة الهضمية

ويؤدي حقن الكالسيتونين أو تنبيه إفرازه إلي خفض مستوي كالسيوم السيرم (hypocalcimia) مصحوبا بخفض مستوي الفوسفات (hypophosphatemia) . ويعتبر تأثير كل من هرمون الجاردرقية والكالسيتونين متعارضين (Antagonistic) من حيث معدل ترسيب الكالسيوم في العظام ومتعاونين (Synergistic) في خفض إعادة إمتصاص الفوسفات من الأنيبيات الكلوية .

ويرجع تأثير الكالسيتونين علي خفض كالسيوم الدم أساسا كنتيجة لخفض معدل خروج الكالسيوم من الهيكل العظمي إلي الدم . وبالتالي إلي تأثيره المثبط والوقتي علي هرمون الجاردرقية ليسمح بترسيب الكالسيوم في الهيكل الهظمي ومنع زيادته في الدم . كما يكون خفض مستوي فوسفات الدم كنتيجة للتأثير المباشر للكالسيتونين لزيادة معدل إنتقال الفوسفات من بلازما الدم إلي الأنسجة الرخوة والعظام وعدم السماح بإنتقالها من العظام إلي الدم . ولا يرتبط فعل الكالسيتونين بفيتامين (D) حيث يتشابه التأثير بين كل من الحيوانات المغذاه علي علائق خالية من الفيتامين وتلك المغذاه علي علائق غنية به .ويعزي التأثير المثبط للكالسيتونين علي إنتقال كالسيوم العظام إلي الدم نتيجة لفعل الباراثرمون إلي تأثيره المثبط علي الخلايا الهادمة العظمية أو إنحلال العظم (Osteolysis)

وعموما يقترح وجود ثلاثة وظائف بيولوجية هامة . علي الأقل . للكالسيتونين .

١) وقاية الحيوانات الصغيرة والحديثة الولادة من إرتفاع مستوي كالسيوم الدم بعد الأكل .

٢) إبطال مفعول هرمون الجاردرقية في تحريك كالسيوم وفوسفور العظام .

٣) تنبيه معدل إخراج الفوسفور والكالسيوم في البول عن طريق الكلي .

هـذا ويمكـــن الوصـول إلي إستنتاج هـام هـو أن كـل مـــن الكالسـيتونين والبـاراثرمون يعمـلان في توافـق تـام علـي إيجـاد نـوع مـن التأثير الإغتذائـي العكسـي السـالب المـزدوج Dual negative feed - back centrol mechanism لحفظ تركيز الكالسـيوم في السـوائل البين خلويـة علـي درجة عالية من الثبات . ولقد دلت الدراسات علـي أن البـاراثرمون هـو المسئول الرئيسـي عن تنظيم كالسيوم الدم دقيقة بدقيقة تحت الظروف الطبيعية بينمايعتبر الكالسيتونين هرمون الطـوارئ أي الهرمـون الذي يعمل بفاعلية عند الإرتفاع الفجائي في كالسيوم الدم .

من كل ما تقدم نري أنه بعد إكتشاف الكالسيتونين ومعرفة تأثيراتـه البيولوجيـة المختلفـة . أصبحت النظريات السابق الإشـارة اليها والمتناولـة شـرح ميكانيكيـة تأثير البـاراثرمون علـي تحقيـق الثبات الذاتي لكل من الكالسيوم والفوسفور محتاجة لشيئ من التعديل ليوضـع في الإعتبار التأثير العكسي بين الباراثرمون والكالسيتونين إلي جانب التأثـير العكسـي بـين نسبة أو مسـتوي الكالسـيوم في الدم ومعدل إفراز كل من الباراثرمون والكالسيتونين . وكذا العلاقة العكسية بين تركيز كـل مـن الكالسيوم والفوسـفور . فالإرتفـاع تركيز الكالسـيوم في الـدم مثلا تأثيريـن عكـسيين فهـو يثبط إفراز البـاراثرمون بينمـا ينبـه إفراز الكالسـيتونين ليعمـل الأخير علي خفض تركيز الكالـسيوم في الـدم بالطريقة السـابق تناولها . فالعلاقة بين مسـتوي الكالسـيوم في الـدم ودرجـة إفراز البـاراثرمون علاقـة عكسية سالبة بينما هي عكسيةموجبة بين مستوي كالسيوم الدم ومعدل إفراز الكالسيتونين .

٣) فيتامين (D) ونواتجه التمثيلية :

يتقارب تأثيرات كل من هرمون الجاردرقية وفيتامين (D) مع وجود بعض الفروق بين تلـك التأثيرات . فبينما ينظم الباراثرمون توازن الكالسيوم والفوسـفات معا في الجسم فإن تأثير فيتـامين (D) يتلخص في تحريك الكالسيوم من الأنسجة الرخوة بالإضافة إلي تحريك الفوسفور المصلي إلي فوسفور غير عضوي . كما يساعد فيتامين (D) علي إمتصاص الكالسيوم من الأمعـاء في حـالات نقص البـاراثرمون خاصـة . وعليه فإعطـاء الفيتامين في حـالات نقص البـاراثرمون يحسـن مـن الأعـراض المرضية الناتجة. وما سوف نسوقه من أمثلة يوضح لنا العلاقة بين الباراثرمون وفيتامين (D) .

١) عند حقن مجموعة من الحيوانات بفيتامين (D) ومجموعة أخري بالباراثرمون لا تتأثر نسبة الكالسيوم في سيرم دم المجموعة الاولي بينما تزداد أيونات الكالسيوم في سيرم دم حيوانات المجموعة الثانية (المحقونة بالباراثرمون) .

٢) يؤدي حقن مجموعة من الحيوانات المصابة بالكساح بمقادير علاجية من فيتامين (D) إلي زيادة كل من كالسيوم وفوسفور سيرم الدم يستتبعه زيادة ترسيبهما في العظم وشفاء الحيوانات من الكساح. بينما يؤدي حقن مجموعة أخري من هذه الحيوانات بالباراثرمون إلي زيادة حالتها سوءا حيث يزيد كمية الفاقد من الكالسيوم في البول نتيجة نزعة من العظام .

٣) يزيد حقن الحيوانات المنزوع غددها الجاردرقية بالباراثرمون نسبة الكالسيوم ويقلل نسبة الفوسفور في سيرم الدم . أما الحقن بفيتامين (D) فيزيد كل من كالسيوم وفوسفور السيرم.

وليس لجزيئ فيتامين (D) في حد ذاته قيمة من الناحية النشاط البيولوجي بل ترجع كل الاستجابات البيولوجية لنواتجه التمثيلية وهي الـ $1,25(OH)_2D_3$ والـ $24,25(OH)_2D_3$.

وتشمل التأثيرات البيولوجية الأساسية لفيتامين (D) ونواتجه التمثيلية علي :

١) تنبيه إمتصاص كالسيوم وفوسفور الغذاء من الأمعاء .

٢) تشجيع تشرب العظم للكالسيوم Calcium resorption .

٣) يخفض إفراز الكالسيوم والفوسفات بإعادة إمتصاصهما من الانيبيات الكلوية

تكامل تأثير هرمون الجاردرقية والكالسيتونين ونواتج فيتامين (D) التمثيلية :

Integrated actions of parathyroid,calcitonin andVit.D metabolites

يمثل بقاء حالة الثبات الذاتي لكل من الكالسيوم والفوسفور نوع من التكامل بين معدلات إمتصاصهما بالأمعاء - ترسيبهما في العظام - إعادة إمتصاصهما من البول في الكلي . فيلعب الإستيرويد $1,25(OH)_2D_3$ (وهو من نواتج فيتامين D التمثيلية) الدور الرئيسي والأساسي في زيادة معدل إمتصاص كل من الكالسيوم والفوسفور في الأمعاء . ويتوقف هذا المعدل زيادة أو نقصا علي إحتياجات الحيوان من هذين العنصرين نتيجة لصدور إشارات فسيولوجية معينة تختلف طبيعتها بإختلاف مستويات كالسيوم الدم وربما مستوي الفوسفور أيضا . وفور دخول الكالسيوم والفوسفات إلي الدم يحدث نوع من التوازن الدقيق بين تحريك الكالسيوم إلي العظام وبين

إفرازه أو إعادة إمتصاصه خــلال الأنيبيات الكلوية في الوحدات البولية في الكلي في حالات إنخفاض أو زيادة معدل إمتصاص كالسيوم وفوسفور الغذاء نتيجة التوازن الحادث إما إلي ناحية زيادة تحريك الكالسيوم من العظام أو زيادة معدل إفرازه في البول علي الترتيب وذلك لمواجهة إحتياجات الجسم إلي مستوي ثابت من الكالسـيوم في سيرم الـدم . وعليـه فيمكـن أن يرتفع الكالسيوم السيرم عن طريق هرمون الجاردرقية بتشجيع تحريكه من العظام أو إعادة إمتصاصه إلي الدم مرة أخري بواسطة الأنيبيات الكلوية نتيجة لتأثير الـ $1,25(OH)_2D_3$ في الكلي . ويتلازم مع كل ذلك تنبيه هرمون الجاردرقية لزيادة إفراز الفوسفات . لأنه عندما يزيد تركيز كالسيوم السيرم ينخفض عـادة مستوي الفوسفور . فيمنع ذلك ترسيب فوسفات الكالسيوم الغير مرغوب فيها في الأنسجة الرخوة والذي قد يحدث بطريقة منطقية عند إرتفاع ناتج ذوبان الكالسيوم × الفوسفات .

ويظهر أهمية دور الكالسيتونين عند فرط زيادة مستوي الكالسيوم في سيرم الدم . فيمنع الكالسيتونين العديد من تأثيرات هرمون الجاردرقية علي الجهاز الهيكلي (العظام) فيمنع بذلك إستمرار زيـادة تركيز الكالسيوم في سيرم الدم . وقد يتم تنبيه إفراز الكالسيتونين خلال فترات إمتصاص الأمعاء للكالسيوم لمنع فرط زيادة الكالسيوم في الدم علي الفترات القصيرة في هذه الحالة . ويزيد معدل إفراز الكالسيوم بواسطة الكلي متلازما مع زيادة إفراز الكالسيتونين للمشاركة في خفض مستوي كالسيوم الدم ولمنع تكلس الأنسجة الرخوة .

ويعتبر العظام العضو الرئيسي الأساسي المسئول مباشرة عن تمثيل الكالسيوم والفوسفور حيث يعمل كمصدر أو كمخزن لهذين الأيونين . وبذا يعمل العظم علي تنظيم مستوياتهما في الدم وبالتالي يشارك بطريقة أساسية في أحداث عملية الثبات الذاتي من الكالسيوم علي المدي القصير والطويل . ويتم تنظيم الإفراز النسبي لتكوين أو إنحلال العظم بواسـطة العديد من المنظمات الهرمونية خلال أوقات نمو الهيكل العظمي وإدرار اللبن ووضع البيض . لذا فإنه من غير المستغرب أن تعكس العظام أي خلل في تحقيق الثبات الذاتي لكل من الكالسيوم أو الفوسفور .

البنكريـــــــاس

Pancrease

تعتبر قدرة الفقاريات العليا علي حفظ مستوي جلوكوز الدم ثابتا نسبيا من سماتها الرئيسية فالجلوكوز ضروري للحيوانات الراقية إذ يعتبر المصدر الرئيسي بل الأساسي من مصادر الطاقة في جميع خلايا أجسامها .

ويعتبر الجهاز الهرموني بالجسم (البنكرياس) المسئول الرئيسي للبقاء علي درجة تركيز جلوكوز الدم ثابتة وإستمرار الإمداد المستمر والمناسب منه لجميع خلايا الجسم عن طريق تبادل مركبات الطاقة بين خلايا الجسم ومخازنه . ويمثل الإنسولين والجلوكاجون الهرمونات الأساسية التي يفرزها البنكرياس بالإضافة إلي هرمون السوماتوستاتين Somatostatin الذي يفرزه البنكرياس والقناة المعدية المعوية والهيبوثالاماس . وعليه فالبنكرياس من أهم الأعضاء الحيوية في الجسم الذي يقوم بالمحافظة علي ثبات تركيز الجلوكوز ونواتج التمثيل الغذائي الأخري المنتجة للطاقة .

ويؤثر الإنسولين تأثيرا كبيرا علي كل الأعضاء والأنسجة بالجسم سواء بطريق مباشر أو بطريق غير مباشر . وتنحصر التأثيرات الرئيسية للإنسولين في أنه بنبه التفاعلات البنائية(Anabolic reactions) للكربوهيدرات والبروتينات والدهون والتي تؤدي في النهاية إلي خفض مستوي جلوكوز الدم . أما الجلوكاجون فينبة تفاعلات الهدم (Catabolic reactions) والتي تؤدي إلي زيادة مستوي جلوكوز الدم .وعليه فيعمل البنكرياس بصفة مستمرة علي ضبط المفرز من الإنسولين والجلوكاجون تبعا لمدي الحاجة لأي من التفاعلات البنائية أو الهادمة للتغلب علي أي تغيير قد يحدث في مستوي جلوكوز الدم زيادة أو نقصا .

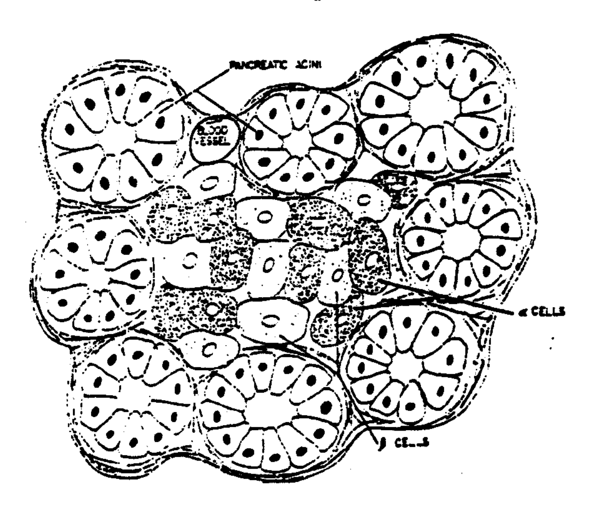
وتعتبر جزر لانجرهانز تراكيب البنكرياس ذات الوظيفة الهرمونية لما لها . من حيث طبيعة إفرازاتها وتأثيرات تلك الإفرازات البيولوجية ـ نفس الدور الذي تؤديه الغدد الصماء الأخري . وهي عبارة عن مجموعة من الخلايا المميزة عن الجزء الحويصلي أو الجيبي من البنكرياس وذلك عن طريق غشاء شبكي رقيق غني بالإمداد الدموي .

وتتركب الجزر البنكرياسية (جزر لانجرهانز) من ثلاثة أنواع من الخلايا هي :

1) خلايا الفا (α - Cells) التي تفرز الجلوكاجون (Glucagon) ١٥ : ١٨ ٪
2) خلايا بيتا (β - Cells) التي تفرز الإنسوليـــن (Insulin) ٧٥ : ٨٠ ٪
3) خلايا جاما (δ - Cells) التي تفرز السوماتوستاتين (Somatostatin) ٢ : ٥ ٪

وتوجد كل من خلايا ألفا وبيتا متجاورتين يفصلهما عن بعضهما مسافات شعيرية ينتقل عن طريقها الجلوكاجون الذي يؤثر علي خلايا بيتا فيدفعها إلي إفراز الإنسولين . ويوجد في جزر لانجرهانز نوع آخرمن الخلايا تحتوي علي حبيبات أقل كثافة تعرف بـ (C cells) وهي مجهولة الوظيفة حتي الآن .

ويبين الشكل التخطيطي التالي قطاع عرضي في البنكرياس يظهر فيه الجيوب البنكرياسية (Pancreatic acini) محيطة إحاطة تامة ومن جميع الجهات بمجموعة من الخلايا ذات الأشكال المختلفة حيث تبدو تلك المجموعة من الخلايا وكأنها جزيرة وسط الجيوب البنكرياسية المحيطة بها ومن هنا جاءت تسميتها بجزر لانجرهانز نسبة إلي إسم مكتشفها .



هـــرمونات البنكريــــــاس

يلخص الجدول التالي هرمونات البنكرياس

الهرمون	الخلية المفرزة له	عدد الأحماض الأمينية	الوزن الجزيئ
الإنسولين	بيتا أو (B)	٥١	٥٧٠٠ : ٦١٠٠
الجلوكاجون	ألفا أو (A)	٢٩	٣٤٥٠
السوماتوستاتين	جاما أو (D)	١٤	–
عديد الببتيد (PP)	(F)	٣٦	–

١) الإنســـــولين:

يتكون الإنسيولين من ٥١ حمضا أمينيا مرتبة في سلسلتين ببتيديتين تسمي الأولي منها السلسلة (A) وهي تحتوي علي ٢١ حمضا أمينيا والثانية السلسلة (B) تحتوي علي ٣٠ حمضا أمينيا وتتصل السلسلتين معا بواسطة كوبري ثنائي الكبريتيد (disulfide bridges)

ويختلف الإنسيولين المحضر من مختلف الحيوانات في أوزانها الجزيئية إختلافات طفيفة حيث يبلغ الوزن الجزيئي لإنسيولين الأبقار (٥٧٣٤) والخنازير (٥٧٧٨) والأغنام (٥٧٠٤) .

ولقد أمكن تحضير الإنسيولين صناعيا من الأحماض الأمينية الداخلة في تكوينه طبيعيا وتقدر الوحدات الدولية من الإنسيولين بالكمية منه اللازمة لخفض جلوكوز الدم في أرنب وزنه ٢كجم ممنوع من الأكل إلي ٤٥ مللجم ٪ في ظرف ٣ ساعات.وهي تساوي ٠٤٥٤ر مللجم من الإنسيولين المبلور.أي أن المليجرام الواحد يعادل ٢٢ وحدة دولية تقريبا

٢) الجلوكاجــــون Glucagon :

يعتبر الجلوكاجون هرمون حقيقي ومن أكثر عوامل الكبد المحللة للجليكوجين . ويبلغ الوزن الجزيئي للجلوكاجون والذي يفرز من خلايا ألفا في البنكرياس ٣٤٥٠ . وهو من الهرمونات عديدة الببتيد يتكون من سلسلة واحدو مكونة من ٢٩ حمضا أمينيا ويتشابه الجلوكاجون في تركيبه مع مجموعة من الهرمونات الببتيدية الموجودة في القناة المعدية المعوية Gastrointestinal مثل السكرتين Secretin وعديد الببتيد المنشط للأوعية الدموية المعدية Vasoactive Intestinal Polypeptide (VIP) والببتيد المثبط للمعدة Gastric Inhibitory Peptide (GIP) والجليسنتين Glicentin وهو ببتيد مكون من ١٠٠ حمض أميني تم عزله من الأمعاء . ويوجد تشابه كبير بين طريقة التخليق الطبيعي للجلوكاجون والإنسيولين وتتراوح فترة نصف العمر للجلوكاجون في بلازما الدم ما بين ٦ : ٧ دقائق حيث يفقد نشاطه في الكبد والكلي وقد تم عزل الإنزيم المحلل للجلوكاجون من الكبد .

٣) عديد الببتيد البنكرياسي Pancreatic Polypeptide (PP) :

ويتكون من ٣٦ حمضا أمينيا . وينحصر تأثيره - علي ما يبدو - في تنبيه إفراز حمض الأيدروكلوريك والببسين من المعدة . كما يعمل أيضا كعامل إمتلاء Satiety factor . ويفرز الـ

٤) **السوماتوستاتين Somatostatine :**

وهومن أصغر هرمونات البنكرياس حيث يتكون من ١٤ حمضا أمينيا ويحتوي علي كوبري واحد من ثنائي الكبريتيد . ولقد إكتشف أولا في الهيبوثالاماس كما يفرز أيضا من خلايا جاما في البنكرياس ومن بعض الخلايا المبعثرة (dispresed) في القناة المعدية المعوية

العوامل المؤثرة علي إفراز الإنسولين:

١) **العوامل العصبية :**

تمتاز جزر لانجرهانز بغناها بالإمداد العصبي . ويتم إمدادها العصبي عن طريق العصب الحائر الأيمن (Right Vagus Nerve) حيث يؤدي تنبيه هذا العصب إلي تنبيه خلايا بيتا في جزر لانجرهانز لإفراز الإنسيولين وبالتالي خفض نسبة جلوكوز الدم . ولكن لا يبدو لهذا الإمداد العصبي درجة الأهمية القصوي حيث يمكن للبنكرياس المنزوع (منعدم الإمداد العصبي) من إفراز كمية من الإنسيولين تكفي لحفظ درجة تركيز سكر الدم عند الحدود الطبيعية .

٢) **جلوكوز الـــدم :**

وهو من أهم العوامل المنظمة لإفراز الإنسيولين . فيؤدي إرتفاع جلوكوز الدم إلي زيادة إفراز هرمون الإنسيولين بعد دقائق معدودة . بينما يؤدي إنخفاض جلوكوز الدم إلي إنخفاض معدل إفراز الإنسيولين . وجدير بالذكر أن لكل من الجلاكتوز والريبوز والمانوز نفس تأثير الجلكوز علي درجة إفراز الإنسيولين .

ولا يؤدي تناول الجلوكوز عن طريق الفم إلي إرتفاع إفراز الإنسيولين بنفس السرعة الذي يؤديها الحقن . وعلي الرغم من ذلك فتزداد كمية المفرز من الإنسيولين بدرجة كبيرة بعد إمتصاص الجلوكوز عن طريق الأمعاء . وربما يرجع ذلك إلي إفراز هرمون الـ Entroglucagon من الجزء العلوي للأمعاء والذي يقوم بتنبيه إفراز الإنسيولين . ولقد أمكن عزله من الطبقة المخاطية للإثني عشر .

٣) **الجلوكاجـــــون :**

يعتبر الجلوكاجون منبه قوي لإفراز الإنسيولين حيث يؤثر علي خلايا بيتا . ومما يؤيد ذلك إرتفاع درجة تركيز الإنسيولين حتي قبل إرتفاع مستوي جلوكوز الدم . وعليه يمكن القول بأن الجلوكاجون المفرز من خلايا ألفا يمر مباشرة إلي خلايا بيتا ليؤثر عليها . كما يشجع إنخفاض جلوكوز الدم . نتيجة لزيادة إفراز الجلوكاجون . إفراز الإنسيولين

٤) **الأحماض الأمينيــــــة :**

ينبه كل من الليوسين والأرجنين والليسين والفينايل ألانين إفراز الإنسيولين . إلا أنه ظهر في بعض الأحيان تأثير مثبط لكل من الأرجنين والليوسين علي إفراز الإنسيولين .

٥) بعض المنبهات : مثل هرمون النمو وتنبيه العصب الحائر والمواد الكيتوزنية و cAMP . Pancreozim. Sulphonyl, urease,

٦) بعض مثبطات الإنسولين والعقاقير المدمرة لخلايا بيتا :

يعمل الأدرينالين والنورأدرينالين والإنسولين وقطع العصب الحائر والجوع علي تثبيط إفراز الإنسيولين كما يمكن إحداث مرض البول السكري كيميائيا بإعطاء جرعات كبيرة من الألوكسان Aloxan (وهو أحد نواتج أكسدة حمض البوليك) ولقد بين جاكوب عام ١٩٣٧ أن حقن الألوكسان يؤدي إلي إنخفاض السكر في الدم وحدوث تشنجات عضلية . ثم بين دن عام ١٩٤١ أن الحيوانات التي عوملت بهذه الطريقة أصبحت خلايا جزر لانجرهانز فيها مدمرة كلية أو جزئيا . كما بين دن أيضا إمكانية تكوين الألوكسان في الجسم تحت الظروف الفسيولوجية العادية حيث يكون أول سبب للإضطرابات الهرمونية التي تؤدي في النهاية إلي مرض البول السكري . وينحصر تأثير الألوكسان في شدة شراهته للزنك والذي يزداد تركيزه في خلايا بيتا ولقد ثبت أيضا أن لحمض الـ Dehydroascorbic acid نفس تأثير الألوكسان .وربما كان لهذين المركبين تأثير علي الجلوتاثيون الموجود في جزر لانجرهانز إذ أن خلاياها هي أكثر خلايا الجسم إحتياجا للجلوتاثيون لتكوين الإنسيولين.

ويكون للمضاد الحيوي المعروف بإسم Streptozocin نفس تأثير الألوكسان وهما يعملان علي تدمير خلايا بيتا في البنكرياس مع ترك خلايا ألفا في حالة نشاط طبيعي من الناحية الوظيفية ويؤثر السكر السباعي المسمي Mannoheptulose علي خلايا بيتا في البنكرياس فيحدث كثير من المتاعب في إستجابة تلك الخلايا من الناحية الإفرازية .

٧) مضادات مرض السكر (Antidiabitic compounds): يوجد مجموعتين من المركبات الدوائية لها القدرة . عند إعطائها لمرضي السكر عن طريق الفم . علي الخفض الحاد لسكر الدم :

الأولي من مشتقات Sulfonyl urea (السلفونيل يوريا) مثل التولبيوتامين (Tolbutamin) والكلوربروبامبد (Chlorpropamide) والجليبنكلاميد (Glibenclamide) والجليبيزيد (Glipizide)

والثانية من مشتقات البيجوانيد (Biguanide) مثل الفينفورمين (Phenformin) . وتعتمد ميكانيكية التأثير البيولوجي لهذه المركبات علي قابليتها لتنبيه إفراز الإنسيولين ولقد أدي كثرة إستعمال هذه العقاقير . في كثير من الأحيان . إلي زيادة نسبة النفوق نتيجة للإصابة بأمراض القلب والشرايين .

التأثيرات البيولوجية لهرمونات البنكرياس Biological action of the pancreatic hormones

أولا : الإنسيولين :للإنسيولين تأثيرات بيولوجية يمكن تلخيصها في الشكل التالي ومنـه يتضح أن للإنسيولين تأثيرات بيولوجية خاصة يمكن أن نحصرها فيما يلي :

١) يساعد علي إحتراق الجلوكوز للحصول علي الطاقة اللازمة للجسم .

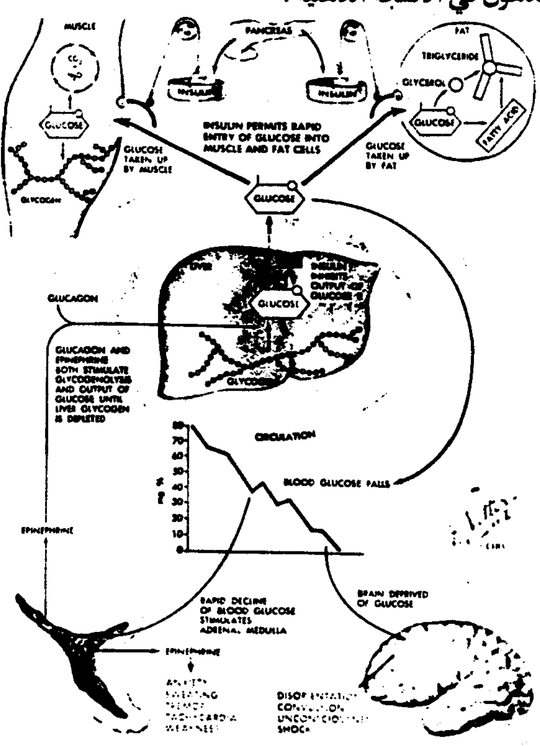
٢) يساعد علي تكوين الجليكوجين من الجلوكوز وتخزينه في الكبد والعضلات .

٣) يسبب نقص الفوسفات والبوتاسيوم في السيرم نتيجة لتحويل الجلوكوز إلي جليكوجين

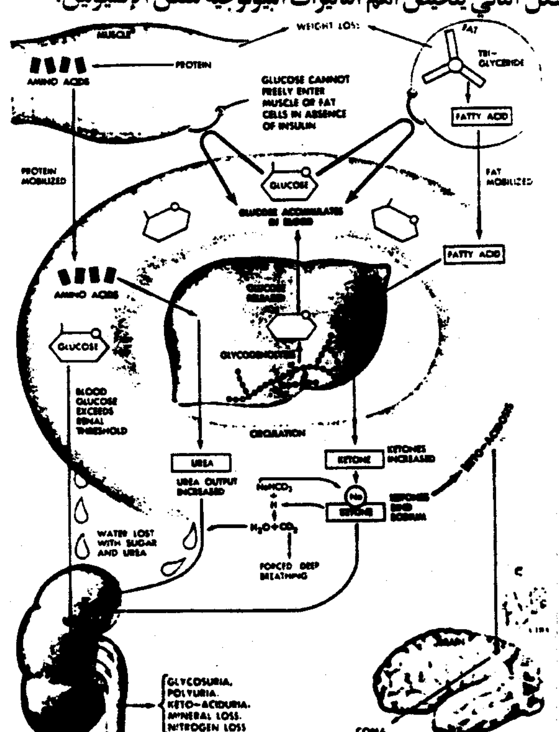
٤) يمنع تكوين الجلوكوز من الأحماض الأمينية في الكبد .

٥) يسبب نقص محتوي الدم من النيتروجين لبناء الأنسجة .

٦) يساعد علي بناء الدهون في الأنسجة الدهنية .



ويسبب نقص الإنسيولين ظهور السكر في البول وهو ما يطلق عليه بمرض البول السكري (Diabetes mellitus) نتيجة لعدم مقدرة الجسم علي تحويل الجلوكوز الزائد إلي جليكوجين وتخزينة في الكبد والعضلات . فيتراكم كميات كبيرة منه في الدم أعلي من مقدرة الأنيبيات الكلوية علي إعادة إمتصاصة من البول (أعلي من مستوي العتبة الكلوية أو الـ Renal threshold) مما يؤدي تسربه وظهورة في البول . وتنخفض كميات الجليكوجين في الكبد والعضلات والأنسجة الدهنية كثيرا إلي حد التلاشي إذا لم يعالج نقص الإنسيولين بحقنة بالكميات الفسيولوجية . وعندئذ يبدأ الجسم في إستعمال بروتين العضلات ثم الدهن المخزن في الأنسجة الدهنية وينتج عن ذلك نواتج تمثيلية سامة مثل الأسيتون وحمض Acetoacitic acid وحمض β - hydroxy buteric acid التي تؤثر علي الجهاز العصبي المركزي محدثة غيبوبة أو الـ coma . وتعتبر قلة إمداد الجهاز العصبي بالطاقة نتيجة نقص السكر من العوامل المحدثة للغيبوبة . ويؤدي تكرار النقص في مصادر الطاقة مع طول مدة هذا النقص وتعدد الإصابة بالغيبوبة إلي إضعاف الجهاز العصبي بشقيه المركزي والذاتي . والشكل التالي يلخيص أهم التأثيرات البيولوجية لنقص الإنسيولين:



ويجب أن نفرق بين مرض البول السكري الناتج عن نقص إفراز الإنسيولين وبين مرضين آخرين يؤديان إلي ظهور السكر في البول ولكن يختلفان في المسبب والأعراض وهما.

١) مرض البول السكري البرئ Diabetes innocent أو البول السكري الكلوي والذي ينتج عن عدم مقدرة الكلي علي حجز الجلوكوز من البول .

٢) مرض البول السكري الكاذب أو مرض سلس البول النخامي Diabetes insipidus يسببه نقص هرمون الـ (ADH) من النخامية العصبية مما يؤدي إلي تزايد إدرار البول الخالي من السكربكميات قد تصل إلي ٢٠ لتر / ٢٤ ساعة.والجدول التالي يلخص أهم أعراض نقص إفراز الإنسيولين:

المقارنة	النسيج الدهني	العضلات	الكبد
الجليكوجين	ينخفض	ينخفض	ينخفض
الجلوكوز الممتص	ينخفض	ينخفض	ينخفض
الأحماض الدهنية	ينخفض تكوينها	يزداد معدل الإستفاده منها ومن المواد الكينونية في إنتاج الطاقة .	زيادةمعدل الإستفادة منها والمتكونة في النسيج الدهني .
تحلل الليبيدات	زيادة تحللهاوتسرب الأحماض الدهنية في الدم	———	زيادة تكوين المواد الكيتونية وظهورها في الدم .
الأحماض الأمينية	———	زيادة تكوينها وإنخفاض معدل تخليق البروتين	زيادة الإستفادة منها
الكربوهيدرات	——— ———	إنخفاض معدل الإستفادة منها في إنتاج الطاقة .	زيادة تكوين الجليكوجين من المواد الغير كربوهيدراتية.
الجلوكوز	———	———	زيادة إفرازه
المواد الكيتونية	———	———	زيادة تكوينها

العلاقات الهرمونية ومعدل إفراز الإنسيولين:

تؤثر الكثير من الهرمونات علي فعل الإنسيولين . ويختلف هذا التأثير بإختلاف الهرمون. فبينما يكون تأثير البعض تعارضيا فإن تأثير البعض الأخر يكون توافقيا . وقد تقع درجة النشاط

البيولوجي للإنسيولين في الجسم إما تحت تأثير كمية الإنسيولين المفرزة أو تكون تحت تأثير الهرمونات الأخري المتعارضة أو المتفقة معه في الفعل . وسنوجز فيما يلي أهم الهرمونات ذات العلاقة بالفعل البيولوجي للإنسيولين :

١) هرمون النمـو : يرفع الحقن بهرمون النمومن نسبة جلوكوز الدم مع زيادة في كمية الأجسام الكيتونية . ويصحب الإصابة بمرض تضخم الأطراف (Acromegaly) الناتج عن زيادة إفراز هرمون النمو الإصابة بمرض البول السكري . ويؤكد كل ذلك العلاقة بين هرمون النمو والإنسيولين . ويتلخص تأثير هرمون النمو في هذا الصدد في أنه يشجع تحلل دهون الأنسجة الدهنية مما يسبب إرتفاع نسبة الأحماض الدهنية الحرة والمواد الكيتونية . كما يرفع تركيز جلوكوز الدم . نتيجة لخفض معدل إمتصاص الأنسجة له . مما يؤدي إلي إرتفاع كمية الجلوكوز الناتجة من تحول جليكوجين الكبد إلي جلوكوز . وتبني تفسير ميكانيكية علاقة كل من الإنسيولين وهرمون النمو في أنه بينما يسبب إنخفاض نسبة جلوكوز الدم زيادة إفراز هرمون النمو نجد أن إرتفاع نسبة الجلوكوز والأجسام الكيتونية في الدم تزيد من إفراز هرمون الإنسيولين . وعليه يمكن القول بان كلا الهرمونين يمنع إفراز الآخر . فعند إرتفاع الجلوكوز في الدم بعد الأكل مباشرة يزداد إفراز الإنسيولين ويقل إفراز هرمون النمو ويصبح تركيز كل من الإنسيولين وهرمون النمو بعد الأكل قليل بدرجة تمكنهم من التأثير معا علي عملية البناء البروتيني ويكون تأثيرهما توافقيا في تشجيع عملية تكوين البروتينات . وينخفض تركيز الإنسيولين بعد الأكل بفترة فيزيد تركيز هرمون النمو . مما يؤدي إلي تحريك الدهون حيث يزيد تركيز الأحماض الدهنية التي تستخدم في عملية الأكسدة مع تقليل درجة الإستفادة من الجلوكوز . ويؤدي ذلك عموما إلي إستمرار إمداد الجسم بالطاقة سواء أكان ذلك في أوقات الجوع أو الشبع .

٢) هرمونات قشرة غدة فوق الكلية : يرجع التأثير المؤدي إلي الإصابة بمرض البول السكري لبعض هرمونات قشرة غدة فوق الكلية (الجلوكوكورتيكويدات) إلي أنها تزيدمن عملية الهدم البروتيني في الأنسجة فتزيدكمية الأحماض الأمينية المتكونة في الكبد مع زيادة تسرب الجلوكوز في الدورة

الدموية.وكل هذه التأثيرات معاكسة لتأثير الإنسيولين وتؤدي هرمونات القشرة أيضا إلي زيادة تخزين الجليكوجين في الكبد . ولذا فإنهم متفقون من هذه الوجهة مع الإنسيولين .

٣) **هرمونات الغدة الدرقية** : يزيد الثيروكسين من معدل إمتصاص الجلوكـوز في القنـاة الهضمية . كما يساعد علي تحلل جليكوجين الكبد إلي جلوكوز مما يؤدي إلي زيادة نسبة جلوكوز الدم . وبذا يكون للثيروكسين تأثير تعارضي لفعل الإنسيولين .

٤) **الجلوكـــاجون** :

يعارض الجلوكاجون فعل الإنسيولين من النواحي التالية :

١) زيادة تحلل الجليكوجين .
٢) زيادة تحلل ليبيدات الأنسجة الدهنية والكبد ويزيد من تركيز المواد الكيتونية.
٣) زيادة تحلل البروتينات كما يزيد من الـ (cAMP) في الكبد

ويعلل كل ذلك ما يؤديه الحقن بالجلوكاجون من الإصابة بمرض البول السكري .

٥) **الأدرينالـــــين** :

للأدرينالين تأثير مضاد لفعل الإنسيولين إذ أنه يعمل علي :

١) زيادة الـ (cAMP) في الكبد .
٢) تنشيط تحول جليكوجين الكبد إلي جلوكوز مما يؤدي إلي إرتفاع جلوكوز الدم.
٣) يزيد تحلل جليكوجين العضلات وتكوين اللاكتات التي تمتص في الدم لتذهب إلي الكبد لتتحول إلي جليكوجين مرة أخري .
٤) يشجع تحلل ليبيدات الأنسجة الدهنية .
٥) ينشط إفراز الإنسيولين .

الهرمونات المعدية المعوية

Gastrointestinal Hormones

تتكون الهرمونات المعدية المعويةمن عائلةمن المركبات عديدةالببتيدات يتم إنتاجها وإفرازها من خلايا صماء خاصة موجودة في المعدة والأمعاء الدقيقة والغليظة.وتنظم تلك الهرمونات العديد من الإستجابات البيولوجية الخاصة بكل من المعدة والأمعاء الدقيقة والإفرازات الهضمية الهرمونية لكل من الكبد والحويصلة المرارية . والتي تتعاون معا لتوفير الظروف المثلي اللازمة لهضم وإمتصاص البروتينات والكربوهيدرات والدهون من الأمعاء .ويتم تنظيم الوظائف المعدية المعوية بواسطة علاقات هرمونية عصبية معقدة . كما توجد من الدلائل ما يشير إلي وجود إتصالات هرمونية عصبية بين المخ والقناة الهضمية والتي تعطي مستوي آخر من التكامل لتلك العمليات أو الوظائف الهضمية .

وتلعب الهرمونات المعدية المعوية أدوارا رئيسية في كثير من الخطوات والعمليات المرتبطة بهضم وإمتصاص الغذاء.وتمثل الهرمونات الببتيدية الآتية الثلاثة هرمونات المعدية المعوية الرئيسية:

١) هرمون الجاسترين (Gastrin) . ٢) هرمون السكرتين (Secretin) .

٣) هرمون الكوليسستوكينين . بنكريوزيمين (CCK-PZ) Cholecystokinin- pancreozymin

وتتوزع العديد من الخلايا ذات الإفراز الهرموني خلال الغشاء المخاطي للمعدة والإمعاء الدقيقة والقولون . وتوجد تلك الخلايا المذكورة إما بين قواعد الغدد المعوية المعدية الأخري أو في المسافة الواقعة بين الصفيحة القاعدية (Middle lamina) وتجويف الأمعاء (Lumen) .ولقد أصبح من المعتقد وجود حوالي ١٤ نوع من الخلايا داخل الجهاز المعدي المعويالبنكرياسي لها القدرة علي الإفراز الهرموني حيث تقوم تلك الخلايا بإفراز الهرمونات الآتية :

Gastrin , Motilin , Secretin , Cholecystokinin / pancreozymin , Somatostatin , GIP, VIP Enkephalins , Insulin , PP.

ولتلك الخلايا . في كثير من الحالات . سطح يحتوي علي أهداب دقيقة مواجهة لفراغ المعدة أو الأمعاء تعطيها القدرة علي الإستجابة للمواد الكيميائية الموجودة في المحتويات المعدية أو المعوية . ويبدو أن لمعظم تلك الخلايا المقدرة علي إنتاج هرمون ببتيدي واحد . إلا أن لها القدرة

أيضا علي إفراز أمينات لها وظيفة حيوية (Biogenic amins) مثل الهستامين (Histamine) و٥ هيدروكسي تربتامين (5-OH-tryptamine) . ويمكن أن ينتقل الهرمونات الببتيدية لتلك الخلايا إلي أماكن تأثيرها (إلي خلاياها المستهدفة their target cells) بإحدي الطرق الثلاثة الآتيـــة :

١) بطريقة صمـــاء أي عن طريق تيار الدم دون وجود قنوات لنقلها .

٢) بالإنتقـال الجانبي Paracrine عن طريق الإنتشار Diffusion من خلال السائل البين خلوي إلي الخلايا المجاورة لها .

٣) بواسطة الإنتقال عن طريـق الإفـراز الـخارجي Exocrine لدفع وإفراز المحتوي الهرمون داخل التجويف المجاور للخلايا المفرزة كما هو الحال في المعدة أو الأمعاء .

الهرمونات المعدية المعوية :

١) **الجاســـــــترين Gastrin** :

لقد أمكن عزل وتنقية نوعين من الجاسترين (Gastrin II) and (Gastrin I) من الجيب المعدي المخاطي للصفدعة (antrum of frog gastric mucosa) للضفدعةويبلغ وزنه الجزيئي ٢١٠٠ . وكلتا الصورتين من الجاسترين عبارة عن عديد الببتيد مكون من ١٧ حمضا أمينيا في سلسلة واحدة مستقيمة . ويختلف الـ (Gastrin II) عن الـ(Gastrin I) في إحتوائه علي كبريتات كحولي علي الحمض الأميني التيروزين عند الموضع ١٢ في السلسلة . ولقد أمكن عزل الجاسترين من الكلاب والقطط والبقر والأغنام والإنسان وصنف علي أنه ببتيد يحتوي علي ١٧ حمضا أمينيا يختلف فيما بين تلك الأجناس في ١ : ٢ من الأحماض الأمينية عند المواقع ٥ و٨ و ١٠ .

٢) **السكرتـــــــين Secretin** :

وهو أول هرمون تم إكتشافه حيث أشار Bayliss وآخر عام ١٩٠٢ إلي وجود مادة في المستخلصات الحامضية للإثني عشر يؤدي حقنها في الدم إلي زيادة إفراز أيونات البيكربونات والماء من البنكرياس . ولقد تمكن Jarpes وآخر من عزل السكرتين من إثني عشر الخنزير . وتم تحديد تتابع الأحماض الأمينية فيه . ويتكون السكرتين من ٢٧ حمض أميني في سلسلة مستقيمة .

ولا زالت المعلومات المتاحة والتي تشرح الخطوات المختلفة المؤدية إلي إفراز السكرتين من خلايا (S) الموجودة في الطبقة المخاطية للإثني عشر قليلة جدا . غير أن أيونات الإيدروجين تعتبر هي المنبه الوحيد . المعروف حتي الآن . والمسئول عن إفراز السكرتين من خلايا (S) .

ويتم إفراز السكرتين عند درجة pH ٥ر٤ . غير أنه نادرا ما تنخفض درجة ال pH في فراغ الإثني عشر عن ٥ر٤ وعليه فإنه من الصعب تحديد العوامل المنبهة لإفراز السكرتين أو تطوير فهم أهميته الفسيولوجية في الوقت الراهن . وتبلغ فترة نصف العمر للسكرتين ٣ : ٤ دقائق . وتلعب الكلية . علي ما يبدو . الدور الرئيسي في تثبيط نشاط السكرتين .

٣) الكولسستوكنين . بنكريوزيمين Cholecystokinin - Pancreozymin (CCK - PZ)

لقد تم إكتشاف ال (CCK - PZ) عام ١٩٢٨ بواسطة Ivy وآخر كمادة تسبب عند إفرازها في الدم تنبيه إنقباض الحوصلة المرارية . ولقد بين Harper وآخر عام ١٩٤٤ إحتواء مستخلصات الأنسجة المعوية للخنازير علي مادة منفصلة ومميزة عن السكرتين لها القدرة علي تنبيه الجيوب البنكرياسية علي إفراز أعداد كبيرة من الإنزيمات المحلله للبروتينات ولقد أظهرت نتائج دراسات Jarpes وآخر عام ١٩٦٦ علي أن لتلك المادة صفات تجمع ما بين كل من ال (CCK) وال (PZ) . وعليه ورغبة في الإختصار ولأنه قد تم إكتشاف الـ (CCK) قبل الـ (PZ) فإنه يشار إليهما معا بالـ (CCK - PZ) وقد يشار إليهما بـ (CCK) فعند ذكر الـ (CCK) فإن المقصود به أنه يشمل خصائص كل من ال (CCK) وال (PZ) .ولقد تم عزل الـ(CCK) من أنسجة الإثني عشر والمعي الصائم للخنازير . حيث يحتوي علي سلسلة واحدة مستقيمة من ٣٣ حمض أميني CCK - 33) (وتبلغ فترة نصف العمر لـ(CCK) أقل من٤:٣ دقائق . ويمكن أن يعمل ال (CCK) المخي كناقل عصبي

بعض الهرمونات المعدية المعوية الأخري :

١) عديد الببتيد المثبط المعدي المعوي Gastrointestinal Inhibitory Polypeptide (GIP) :

لقد تم عزل ال (GIP) من الإثني عشر واللفائفي الصائم للخنزير . وهو عبارة عن عديد ببتيدي مكون من ٤٣ حمض أميني في سلسلة مستقيمة ولقد أمكن تعريف الـ (GIP) كمادة لها القدرة علي تثبيط إفراز البيكربونات والببسين من المعدة بالإضافة إلي تثبيط النشاط الحركي للمعدة . ويعمل ال (GIP) علي تنبيه إفراز الإنسولين في الفئران والكلاب والإنسان. ويتم تنبيه إفراز ال (GIP) نتيجة تناول الطعام والجلوكوز بينما يتم تثبيطه بواسطة كل من الإنسولين والجلوكاجون .

٢) البتيد المعوي المنشط للأوعية الدموية **Vasoactive Intestinal Peptide (VIP)** :

يتكون الـ (VIP)من سلسلة مستقيمة من ٢٩ حمض أميني . ويوجد بشكل واسع في كل من الجهازين المعوي والعصبي للعديد من الثدييات. وتشمل التأثيرات البيولوجية لد (VIP) علي :

١) إيقاف إفراز الحمض المعدي . ٢) تنبيه الإفراز المعوي من الماء والأيونات .

٣) تثبيط توارد الدم الحشوي . ٤) تنبيه إنتاج الـ (cAMP) في العديد من الأنسجة

ويلخص الجدول التالي التأثيرات البيولوجية الأخري لد (VIP) :

مكان تأثيره	بيـــان التأثيـــــر
الجهـاز القلـبي الوعـائي Cardiovasvular sys.	إنبساط الأوعية الطرفية والحشوية والتاجية والمخية وخارج الجمجمة إنخفاض ضغط الدم . تأثيرات عضلية متوسطة .
الجهاز التنفسي	إنبساط الحويصلات او الشعب التنفسية ـ زيادة التهوية – تنبيه نشاط إنزيم Adenylate cyclase .
الجهاز الهضمي :	
البلعوم	إنبساط العضلة العاصرة السفلي
المعدة	إنبساط العضلات الناعمة في القاع – وقف إفراز البسين والحمض المعدي .
البنكرياس والكبد	تنبيه إفراز الماء والبيكربونات (مشابه لفعل السكرتين) – زيادة تدفق الصفراء .
الحوصلة المرارية	إنبساط العضلات الناعمة. تثبيط التأثير المتقبض لد CCK - PZ
الأمعاء الدقيقة والغليظة	تثبيط الإمتصاص – تنبيه إفراز الماء والأيونات ـ إنبساط العضلات الناعمة للقولون . تنبيه نشاط الـ adenylate cyclase .
التمثيل الغذائي	ينبه إنحلال الجليكوجين والليبيدات مع زيادة جلوكوز الدم ـ زيادة نشاط إنزيم الـ adenylate cyclase .
الوظائف الصماء	
البنكرياس	إفراز الإنسولين والسوماتوستاتين Somatostatin .
النخامية والهيبوثالاماس	تنبيه إفراز البرولاكتين وهرمون النمو وهرمون الـ LH .
غدة فوق الكلية	يعطي تأثير مشابه لد ACTH حيث ينبه تخليق الإستيرويدات – يزيد من نشاط إنزيم الـ adenylate cyclase
الجهاز العصبي	تنبيه إنفعالي لخلايا قشرة المخ والحبل الشوكي ـ يسبب إرتفاع الحرارة ـ ينبه نشاط إنزيم الـ adenylate cyclase .

ويتم تنبيه الـ VIP بواسطة تنبيه العصب الحائر . ولقد أمكن تحديد مستقبلات الـ VIP في مناطق معينة من القناة المعدية المعوية والمخ .

٣) الموتيـــــلين Motilin : لقد تم عزل الموتيلين بواسطة Brown ومساعديه عام ١٩٧٣ . وهو يتكون من ٢٢ حمض أميني . ويعتقد أن للموتيلين دور في تنظيم حركة الأمعاء الدقيقة أثناء الصيام . ويتم إفرازه من الخلايا الصماء (EC) الموجودة بالإثني عشر بطريقة دورية كل ١٢ ساعة تقريبا. ولا تتزامن أو ترتبط تأثيرات الموتيلين بتناول الغذاء بل ترتبط بالصيام . ويعتقد أن الموتيلين يزيد من حركة الغذاء المهضوم إستعدادا لتناول الغذاء التالي . ولا يزال دور الموتيلين الفسيولوجي غير واضح حتي الآن .

٤) عديد الببتيد البنكرياسي Pancreatic Polypeptide (PP) :

يتكون الـ (PP) من ٣٦ حمض أميني . ويبدو أنه ينبه الإفراز المعدي من حمض الأيدروكلوريك وانزيم البيسين . كما يعمل أيضا كعامل إمتلاء . ويفرز الـ(PP) بعد تناول غذاء بروتيني . وتنتشر الخلايا المفرزة له بتركيزات منخفضة خلال الإثني عشر وجزر لانجرهانز بالبنكرياس.وعلي الرغم من وجود عوامل كثيرة منبهة لإفراز الـ (PP) واحتفاظه بتركيزات عالية في البلازما طوال الفترة التي تلي تناول الغذاء إلا أن المعلومات التي تتعلق بتأثيراته البيولوجية لا زالت قليلة وغير واضحة حتي الآن .

٥) الإنتروجلوكاجـــون أو جلوكاجون الأمعاء Entroglucagon :

وهو مركب بروتيني يمكن إستخلاصه من القناة المعدية المعوية . وهو يظهر نشاط مناعي معاكس للإجسام المضادة المحضرة ضد الجلوكاجون البنكرياسي النقي . ويبدو أن لجلوكاجون الأمعاء وزن جزيئي أكبر من جلوكاجون البنكرياس . ولا زال الدور الفسيولوجي لجلوكاجون الأمعاء (الإنتروجلوكاجون) غير معلوم حتي الآن .

ببتيدات المخ والقناة الهضمية Brain - Gut peptides :

١) النيوروتنسين Neurotensin :

لقد أمكن عزل وتحديد تتابع الأحماض الأمينية في تركيب النيوروتنسين Neurotensin المستخرج من هيبوثالاماس الأبقار وأمعاء الإنسان وكلها مكونة من ١٣ حمض وتتعدد تأثيرات النيوروتنسين إلا أن ميكانيكية هذه التأثيرات غير معروفة حتي الآن . وتبلغ فترة نصف العمر له حوالي دقيقة واحدة .

وتشمل أهم هذه التأثيرات علي :

١) إنبساط الأوعية الدموية وخفض ضغط الدم .

٢) إنقباض قاع المعدة (Fundus) واللفائفي . وإنبساط الإثني عشر . وزيادة إفراز الجاسترين.
٣) زيادة إفراز الإنسولين والجلوكاجون من البنكرياس .
٤) إنخفاض درجة حرارة الجسم وزيادة إفراز هرمونات Prlactin , GH , FSH , LH, ACTH

٢) <u>السوماتوستاتين Somatostatin</u> :

وهو ببتيد مكون من ١٤ حمض أميني . وتتوزع الخلايا الصماء التي تفرز السوماتوستاتين بشكل واسع في المعدة والأمعاء . ويتم إفرازه من النهايات العصبية في المعدة والأمعاء . ويحدث هذا الببتيد معظم تأثيراته علي الخلايا المجاورة لأماكن إفرازهاحيث يقوم بتثبيط كل من , CCK VIP , GIP بالإضافة الي السكرتين Secretin . كما يعمل علي خفض الإنقباضات المعوية . وتبلغ فترة نصف العمر له حوالي ١ : ٣ دقائق .

<u>الوظائف الحركية للقناة الهضمية</u> : <u>Motor Function of the Intestinal Tract:</u>

تلعب الهرمونات المعدية المعوية دورا فسيولوجيا هاما في تنظيم النشاط الحركي للقناة المعدية المعوية . وتشمل هذا تأثيرها علي المعدة . الأمعاء الدقيقة . القولون . الحويصلة المرارية . والقنوات الصفراوية . وقد يكون لتلك الهرمونات دورا غير مباشر (وسيط عصبي) أو دورا مباشرا (عضلي) علي نشاط العضلات الملساء . ويعتبر الجاسترين والـ CCK والموتيلين من الببتيدات المنبهة للنشاط الحركي بينما يكون للسكرتين والـ VIP والجلوكاجون والإنتروجلوكاجون تأثيرات مثبطة في هذا المجال .

ويظهر الجاسترين تأثيراته جزئيا بطريق مباشر عن طريق تأثيره علي المستقبلات الموجودة علي عضلات الأمعاء والمعدة . وجزئيا بطريق غير مباشر عن طريق الألياف السمبثاوية البعد عقدية . وتكون تأثيرات الـ CCK علي إنقباض الحوصلة المرارية علي صورة حدوث إستجابات نتيجة إتصاله بمستقبله . ويتم تفريغ الصفراء نتيجة لمجموعة من الأحداث المتعاقبة . والتي نذكرها فيما يلي :

١) زيادة توتر جدار الحوصلة المرارية أولا .
٢) حدوث فتح متقطع للعاصرة الموجودة عند الإتصال بين كيس المرارة والقناة المرارية .
٣) إنقباض مرحلي علي طول المحور المشترك لقناة المرارة .
٤) تتابع فتح وقفل العاصرة بين قناة المرارة والإثني عشر تؤدي إلي دفع المرارة إلي الإثني عشر

ويمكن تلخيص أهم تأثيرات الهرمونات المعدية المعوية علي عمليات الهضم في الجدول التالي:

الهرمون	العامل المنبه لافرازه	مكان تكوينه	دوره في عملية الهضم
الجاسترين Gastrin	غدد المعدة	الغشاء المخاطي لمنطقة البواب	. ينبه إفراز الحمض المعدي وانزيم البيسين إلي حد ما . ينبه تدفق إفرازات الصفراء . يثبط إمتصاص الماء والإلكتروليتات في الأمعاء. . يحدث إنقباض العضلة العاصرة في المعدة والبلعوم . . يحدث إنقباض العضلة العاصرة الحرقفية الأعورية .
السكرتين Secretin	حموضة مكونات الإثني عشر	الغشاء المخاطي للأثني عشر	. ينبه الحويصلات البنكرياسية والأنابيب الصفراوية لإفراز الماء وأيونات البيكربونات . يثبط الإفراز المعدي من الجاسترين . . يثبط الحركة الدودية للمعدة ينبه إفراز البيسين والإنسولين
كوليستوكينين . بنكريوزيمين Colecystokinin Pancreozymin	الكيموس الدهون الأحماض الدهنية	الغشاء المخاطي لإثني عشر	. ينبه إفراز الإنزيمات من الحويصلات البنكرياسية مثل الأميلاز والتربسينوجين والليباز .ينبه إنقباض وتفريغ الحوصلة المرارية. . يثبط الإفرازات المعدية

وكما سبق أن بينا فإنه يوجدبالإضافة إلي تلك الهرمونات المذكورة في الجدول السابق العديد من الهرمونات الببتيدية التي يتم إنتاجها داخل القناة المعدية المعوية لها تأثيرات بيولوجية محددة مرتبطة بالعمليات الهضمية .

ويمكن تلخيص فعل تلك الهرمونات والعوامل المؤثرة عليها وأماكن إنتاجها في الجدول التالي :

الهرمون	العامل المنبه لإفرازه	أماكن إفرازه	تأثيراته
Gastric Inhibitory Polypeptide (GIP)	جلوكوز الفم والأحماض الأمينية	الغشاء المخاطي للإثني عشر	.يثبط إفراز البيسين والحمض المعدي . ينشط إفراز الإنسولين
Vasoactive Intestinal Polypeptide (VIP)	العصب الحائر	الغشاء المخاطي لإثني عشر	. تمدد الأوعية الشريانية وإنخفاض الضغط. يزيدتدفق الدم الحشوي منع إفراز الحمض المعدي
Motilin	الوسط القلوي	الغشاء المخاطي لإثني عشر	. ينبه النشاط الحركي للمعدة .
Neurotensin	———	اللفائفي illeum	. يثبط النشاط الحركي للمعدة
Somatostatin	التنبيه الكهربي للعصب الحائر - الجاسترين	الخلايا العصبية في الأمعاء	. يظهر تأثيرات مثبطة لإفراز للهرمونات الآتية CCK - VIP - GIP .يخفض الإنقباضات المعوية وانقباضات الحوصلة المرارية وتدفق الصفراء.
Entroglucagon	———	اللفائفي والقولون	. تأثيرات مختلفة علي الخلايا المعوية

الهرمونات الأستيرويدية

Steroid hormones

تتركب كل الأقسام الرئيسية للهرمونات الاستيرويدية من حلقات مندمجة يمكن أن تتحـور نتيجة لإضافة مجاميع وظيفية مختلفة علي نقط محددة من تركيبها الحلقـي بالإضافة إلي وجود بعض ذرات الكربـون الغير متماثلة asymmetric تؤدي إلي حدوث تحورات إستيرية steric modifications وإحتمالات أيزوميرية isomeric possibilities . وتشتق الاستيرويدات من المركب الحلقي المعروف بإسم الفننثرين Phenanthrene الذي يتكون من ثلاثة حلقات سداسية .

Phenanthrene

يضاف إليه حلقة خماسية ويتحول إلي مركب تام التشبع بالإيدروجين يسمي الاستران Strrane أو مركب سيكلوبنتانوبيرهيدروفننثرين Cyclopentanoperhydrophenanthrene ذو تركيب يوضحه الشكل التالي :

Cyclopentanoperhydrophenanthrene
(sterane)

ولا تكتب التراكيب الاستيرويدية في العادة وكل ذرات الكربون والهيدروجين موضحة كما هو كائن بالشكل السابق . بل تكتب بإختصار ودون إيضاح أو كتابة ذرات الكربون أو الإيدروجين علي التركيب بل يفترض أن كل ذرات الكربون علي الحلقات السداسية أو الحلقة الخماسية تامة الإختزال أو تامة التشبع إما بذرة الكربون المجاورة أو بذرات إيدروجين تكمل تكافؤ ذرات الكربون علي

التركيب الحلقي. كما ترقم ذرات الكربون للأربعة حلقات بالترتيب الموضح بالشكل التالي . ويرمز للحلقات السداسية بالحروف A,B,C بينما يرمز للحلقة الخماسية بالحرف (D).

Sterane

أقســام الإستيرويـــدات

ويوجد في أجهزة الحيوانات الثديية العديد من الإستيرويدات يمكن تصنيفها داخل ستة عائلات أو أقسام علي أساس درجة تشابهها من الناحية التركيبية أو البيولوجية (الهرمونية) :

١) الإستروجينات Estrogens أو إستيرويدات الجنس الأنثوية Femal sex steroids .

٢) الأندروجينات Androgens أو إستيرويدات الجنس الذكرية Male sex steroids .

٣) البروجستينات Progestins .

٤) المنيرالوكورتيكويدات Miniralocorticoids .

٥) الجلوكوكورتيكويدات Glucocorticoids .

٦) فيتامين (D) ونواتجه التمثيلية الشقيقة Vitamine (D) and its daughter metabolites

بالإضافة إلي أحماض الصفراء Bile acids التي تنتمي إلي الكولستيرول من الناحية التركيبية ولهذا تعتبر القسم السابع في العائلة الإستيرويدية .

وتشتق إستيرويدات كل هذه الأقسام بيولوجيا من الكولستيرول cholesterol ويعتبر الكولستان Cholestane المركب الحلقي الأبوي للكولستيرول Cholesterol وهو مركب حلقي تام التشبع . ويختلف الكولستان الذي يحتوي علي ٢٧ ذرة كربون عن الاستران الذي يحتوي علي ١٨ ذرة كربون في إحتوائه علي سلسلة جانبية مكونة من ٨ ذرات كربون علي ذرة الكربون رقم ١٧ في الحلقة الخماسية (D) وعلي مجموعة من الميثايل (CH_3) عند الزاوية الناتجة من إتصال الحلقة (A) مع الحلقة (B) أي علي ذرة الكربون رقم ١٠. ويعتبر الكولستان التركيب الأبوي الحلقي الأساسي للستة أقسام من الإستيرويدات في

الثديات بالإضافة إلي أملاح الصفراء وسنورد في الصفحة التالية شكلا يبين العلاقات التركيبية بين الكولستان والستة أقسام من الأستيرويدات بالإضافة إلي أحماض الصفراء . ومن هذا الشكل يتضح لنا أن التراكيب الحلقية التامة التشبع وهي البرجنان والأندروستان والإستران والكولان Pregnane , Androstane, Estran and Cholane بالإضافة إلي الكولستيرول Cholesterol(وهو مركب غير مشبع من الكولان يحتوي علي رابطة زوجية بين ذرتي الكربون رقم (٥) و(٦) ومجموعة أيدروكسيل (كحولية) علي الذرة رقم (٣)) تعتبر تلك المركبات جميعها المركبات الحلقية الأبوية للسبعة مجاميع من الإستيرويدات وكلها مشتقة من المركب الأساسي الكولستان Cholestane . وتستعمل هذه المركبات الحلقية الأبوية كأساس عند وضع الإسم العلمي الرسمي لأي إستيرويد.

ونلخص في الجدول التالي أقسام الأستيرويدات السبعة السابقة الذكر مبينين إسم المركب الحلقي الأساسي وعدد ذرات الكربون وإسم المركب النشط لكل قسم :

المركب الحلقي الأساسي	ذرات الكربون	المركب النشط الأساسي	القسم
Estrane	17	Estradiol	Estrogen
Androstane	18	Testosterone	Androgens
Pregnane	19	Progesterone	Progestins
Pregnane	19	Cortisol	Glucocorticoids
Pregnane	19	Aldosterone	Miniralocorticoid
Cholestane	27	1,25 dihydroxy Vit D3	Vit. D steroids
Cholane	24	Cholic acid	Bile acids

وسنتناول فيما بعد شرح التأثيرات البيولوجية لكل قسم من أقسام الإستيرويدات علي حده عند الكلام عن هرمونات قشرة غدة فوق الكلية والهرمونات الجنسية ومشتقات فيتامين (D3) .

غـدة فـوق الكليـــة

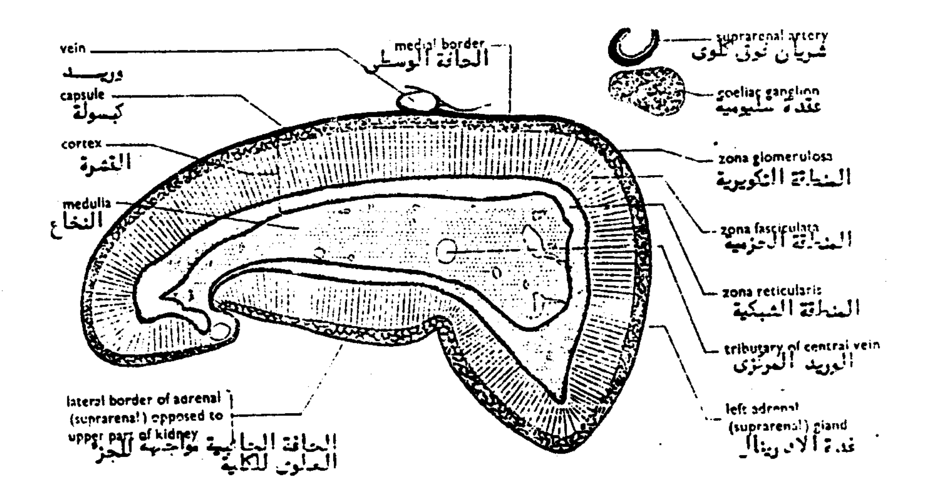
Adrenal Gland

وتسمي أيضا غدة الكزر أو غدة الـ (Suprarenal gland) . وهي عبارة عن زوج من الغدد تقع منغمسة في النسيج الدهني علي الجانب الأمامي لكل كلية خلف الغشاء البريتوني . ويختلف شكل الغدة بإختلاف موقعها علي الكلي فتلك الواقعة فوق الكلية اليمني تأخذ شكل الهرم بينما تكون تلك الواقعة علي الجهة اليسري هلالية الشكل . وعلي الرغم من ذلك فإنه من السهل تمييزها في حيوانات التجارب . وفي القطاعات المحضرة حديثا . يبدو جزء من القطاع مصفر اللون هو عبارة عن القشرة (Cortex) وجزء آخر محمر هو عبارة عن النخاع (Medulla) الذي يتميز بغناه في الإمداد الدموي . أما إذا حفظت الغدة في بيكربونات البوتاسيوم قبل تجهيزها . فتبدو القشرة باهتة اللون أما النخاع فيبدو أصفر بني اللون ويرجع لون النخاع هذا إلي حدوث التفاعل الكرومافيني (Chromaffin reaction) نظرا لوجود هرمون الأدرينالين (أحد هرمونات النخاع) في خلاياه . كما يعطي الأدرينالين لونا أخضرا مع كلوريد الحديديك (Ferric chloride) .

وتوجد الغدة داخل كبسولة سميكة من نسيج ضام ليفي يحتوي علي ألياف عضلية قليلة . والجزء الخارجي من الكبسولة سائب وهو منغمس في النسيج الضام الخلالي Areolar connective tissue المحيط به

ويختلف شكل وحجم ولون الغدة بإختلاف الحيوانات . ويتراوح لونها من الأصفر الباهت إلي اللون البني المحمر . وهي تبعا لوحدة الوزن أكبر في الحيوانات الصغيرة عنها في الحيوانات الكبيرة فالغدة في الحصان مثلا مفلطحة الشكل بنية اللون محمرة طولها ٩ : ١٠ سم وعرضها ٣ : ٤ سم وسمكها ٥ر١ سم ووزنها ٢٨ : ٥٦ جم . بينما تكون في الثور هرمية الشكل ويوجد علي الجانب الخلفي منها ممر الوريد الأجوف السفلي Posterior vena cava أما في الأرانب فالغدة بيضاوية صفراء اللون تقع علي الجانب الأمامي للكلية . وفي الطيور تكون الغدة مستطيلة تقع علي الجانب الأمامي لكل كلية وذات لون أصفر .

وفيما يلي شكلا تخطيطيا للغدة مبينا فيه أجزاؤها وتكويناتها المختلفة :



<u>التركيب الخلوي للغدة Histological structur</u> :

تتركب غدة الأدرينال من جزئين رئيسيين هما القشرة (Cortex)(إلي الخارج) والنخاع (Medulla) (إلي الداخل) في المنتصف . وتعتبر القشرة الجزء من الغدة المسئول عن إنتاج الهرمونات الإستيرويدية مثل الألدوستيرون(Aldosterone) والكورتيزول (Cortisol) والديهيدروإبياندرواستيرون (Dehydroepiandrosterone) (DHEA) بالإضافة إلي هرمونات أخري تعتبر نواتج تمثيلية لعملية التخليق الطبيعي لتلك الهرمونات . وتشترك القشرة في تفاعلات الإجهاد طويل أو قصير الأمد بينما

ويتكون النخاع من أنسجة عصبية .وتكون وتفرز الكاتيكولامينات (Catecholamines) مثل الإبينفرين (Epinephrin) والنورإبينفرين (Norepinephrin). يشترك النخاع في التفاعلات التحذيرية الفجائية وهي تقع تحت التأثير المنظم الجهاز العصبي . ويفرز النخاع الكاتيكولامينات (Catecholamines) والإنكفيلينات (Enkephalins) بعد صدور إشارات من الجهاز العصبي مباشرة . ويمكن أن تنشأ هذه الإشارات من الهيبوثالاماس لتصل إلي النخاع عن طريق الأعصاب الحشوية (Splanchnic nerves) الصادر من الحبل الشوكي.

<u>التركيب الخلوي لقشرة الأدرينال</u> : تتكون القشرة من ثلاثة مناطق تنغمس الواحدة منها في

الأخري إلي حد ما وهي من الخارج إلي الداخل :

١) المنطقة التكويرية Zona glamerulosa

٢) المنطقة الحزميــة Zona fasciculata

٣) المنطقة الشبكيــة Zona reticularis

ويصور الشكل المقابل قطاعا عرضيا في غدة الأدرينال مبينا عليها مناطق القشرة ثم النخاع:



١) __المنطقة التكويرية Zona glomerulosa__ :

وتقـع خلـف الكبســولة مباشـرة . وتتكـون مـن خلايـا عمــادية صغيرة غـير مصطبغة مكدسـة ومندمجة مع بعضهـا في مجاميع دائـرية أو عنا قيـد . وتمثـل هـذه المنطقة . علي ما يبدو . منطقة التكاثـر ومنها تتكون خلايا المنطقــة الحزميــة . وترتبـط هــذه المنطقـــة بإنتــاج هرمونــات الـــ (Mineralocorticoids) مثل الألدوستيرون (Aldosterone) الديزوكسيكورتيكوستيرون وهي الهرمونات المسئولة عن حفظ الإتـزان الملحي Salt - retaining hormone

٢) __المنطقة الحزميــة Zona fasciculata__ :

وهي أسمك طبقات القشرة تـترتب خلاياها في أعمدة مختلطة مع مجاميع من النسـيج الضام والأوعية الدموية . وتتميز بكبر خلاياها المتعـددة الجوانـب (Polygonal) ذات نـواة حويصلية . وخلايا هـذه المنطقة غنية بالليبيدات التي توجد علي هيئة قطرات مستديرة تعطي اللون الأصفر للقشرة في التحضيرات الغير مصبوغة . أما في التحضيرات المصبوغة فإن هـذه الليبيدات تذوب وتزول تاركة ورائها فراغات في الخلية . وتمتاز خلايا هذه المنطقة أيضا بإحتوائها علي الكولستيرول

وفيتـامين (C) . وتتـأثر خلايـا تلـك المنطقـة مباشـرة بهرمـون الـ (ACTH) وتكـون وتفـرز معظـم الجلوكوكورتيكويدات (Glucocorticoids) مثل الكورتيزول (Cortisol) والكورتيزون (Cortisone)

٣) <u>المنطقـــة الشبكية (Zona reticularis)</u> :

وتقع عند نهاية مناطق القشرة للداخل متاخمة للنخاع وتتشابه خلايا هذه المنطقة مع خلايا المنطقة الحزمية إلا أن نسبة الليبيدات في الأولي أقل من الثانية بكثير وتكون المنطقة الشبكية مع المنطقة الحزمية وحدة وظيفية واحدة حيث تقوم بتكوين وإنتاج الكورتيزول (Cortisol) بالإضافة إلي الديهيدروإبياندروإستيرون (Dehydroepiandrosterone DHEA) (وهو عبارة عن أندروجين ضعيف) وكميات قليلة من التستوستيرون ويقوم هرمون الـ (ACTH) بتحويل خلايا المنطقة الحزمية إلي خلايا المنطقة الشبكية المسئولى عن إنتاج معظم الإستيرويدات. وخلايا هذه المنطقة مرتبة بغير نظام معين تاركة بينها فراغات أو تجاويف عديدة بينها تدخل فيها فروع الشعيرات الدموية القادمة إليها من المنطقة الحزمية . وتتخذ هذه الأوعية الدموية شكل الشبكة. وتتميز خلايا هذه المنطقة بكونها أصغر حجما وأكثر إصطباغا بصبغة الليبوفوكسين(Lipofuscin) (بني ذهبي) من خلايا المنطقة الحزمية

وفي الطبقة الداخلية للمنطقة الشبكية . يمكن تمييز بعض الخلايا المتحللة وبعض الخلايا الكبيرة الهشة مختلطة بالخلايا العمادية التي يمكن تمييزها بكونها صغيرة معتمة الشكل كما يمكن تمييز بعض الصبغات في بعض الأحيان . وتشير الدلائل علي أن الخلايا الجديدة لهذه المنطقة تتكون نتيجة للإنقسام الميتوزي للخلايا الموجودة فيما بين المنطقة المنطقتين الحزيمية والشبكية . حيث تتكون نتيجة لذلك الخلايا المتحللة والهشة السابق الإشارة اليها نتيجة لإستمرار الضغط . هذا . وتتولي الخلايا الأكولة بإستمرار إلتهام تلك الخلايا المتحللة .

<u>التركيب الخلوي للنخاع</u> :

يقع النخاع بعد القشرة مباشرة مع وجود إتصال غير منتظم بينهما . ويتكون النخـاع من مجاميع من الخلايا المتعددة الجوانب مرتبه كلها حول الجيوب الوريدية Venous sinuses وتحتوي خلايا النخاع التي تكون عادة مدعمة بألياف دقيقة علي حبيبات تعطي التفاعل الكرومافيني Chromaffin reaction الذي ينتج عن أكسدة الكاتيكولامينات (الأدرينالين

والنورأدرينالين).ويمكن تمييز القليل من العقد السمبتاوية المتشابهة إلي حد كبير مع خلايا النخاع الأخري المحببة.ويظهر بين خلايا النخاع العديد من الأوردة الصغيرة والشريانيات

وفي الثدييات . توجد الخلايا الكرومافينية المحتوية علي الأدرينالين بأعداد أكثر من أعداد الخلايا الكرومافينية المحتوية علي النورأدرينالين .

ويوضح الشكل التالي تركيب نخاع غدة فوق الكلية في الدجاج . وتومز الحروف (CC) للخلايا الكرومافينية والحرف (S) للجيوب الوريدية والحروف (ST) لخلايا نسيج الـ Steroidogenic



هرمونات قشرة غدة فوق الكلية
Adrenocortical Hormones

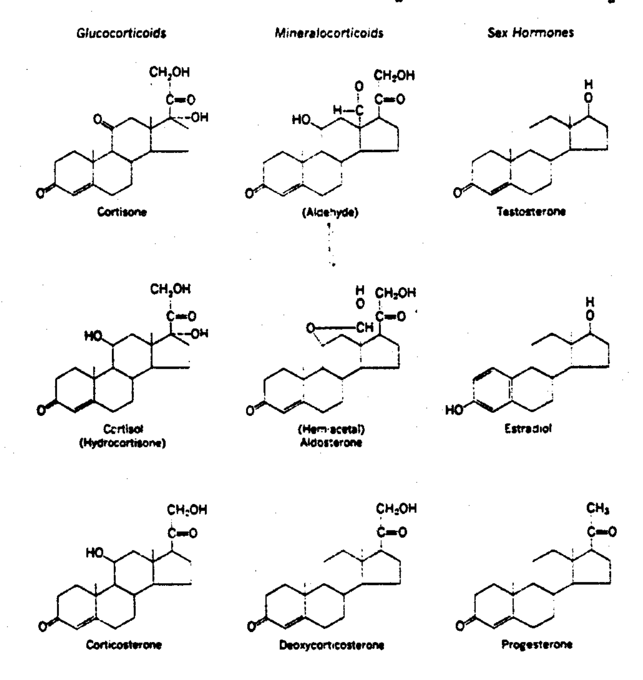
إن المواد الفسيولوجية الفعالة التي يمكن إستخلاصها من قشرة غدة فوق الكلية عبارة عن مواد إستيرويدية Steroids . ومن ضمن الأعداد الكبيرة من هذه الإستيرويدات التي أمكن فصلها من القشرة - والتي قد تصل إلي ٤٠ مركبا.وجد أن أعداد قليلة نسبيا منها هي التي تفرز في الدم . بينما توجد الأغلبية العظمي منها داخل خلايا القشرة فقط . وبذا تعتبر تلك المواد نواتج وسطية للتمثيل الغذائي للإستيرويدات في القشرة . ويمكن تقسيم هرمونات القشرة إلي ثلاثة أقسام تبعا لطبيعة تأثيراتها البيولوجية:

١) الجلوكوكورتيكويدات Glucocorticoids : وتحتوي علي ٢١ ذرة كربون ومنها الكورتيزون Cortisone والكورتيزول cortisol والكورتيكوستيرون corticosterone .

٢) المنــيرالوكورتيكويدات Mineralocorticoids : وتحتــوي علــي ٢١ ذرة كربــون ومنهــا الألدوستيرون Aldosterone والديزوكسيكورتيكوستيرون 11- desoxycortecosterone

٣) هرمونات قشرة غدة الأدرينال الجنسية Adrenocortical sex hormones : وتحتوي علي ١٩ ذرة كربـون ومنها التستوستيرون Testosterone والإستراديول Estradiol والبروجستيرون Progeaterone وتتكـون هذه الهرمونات كنواتج وسطية أثناء عمليات التخليق الحيوي لهرمونات المجموعنين السابقتين .

وفيما يلي نوضح التركيب البنائي لهرمونات المجاميع الهرمونية الثلاثة السابق ذكرها :



التأثيرات البيولوجية لهرمونات قشرة غدة فوق الكلية

أولا : الجلوكوكورتيكويدات Glucocorticoids :

تعتبرالجلوكوكورتيكويدات (Glucocorticoids) ضرورية للحياة حيث تؤثر علـي العديد من الخلايا بطرق مختلفة . فهي في العادة تسبب تكوين بروتينات أوتمنع تكوين بروتينات أخري بفعلها الناسخ . وتعمل الجلوكوكورتيكويدات علـي زيادة الجليكوجين في الكبد علـي وجه

الخصوص وزيادة مستوي جلوكوز الدم . وقد يحدث التأثير الأخير عن طريق التنبيه المباشر علي بعض الإنزيمات المحددة لمسار عملية تكوين الجلوكوز (Gluconeogenesis) وعن طريق التأثيرات السلبية للهرمون علي الخلايا الطرفية فيمنعها من أخذ الجلوكوز من الدم ويؤدي إستمرار إرتفاع مستوي الجلوكوكورتيكويدات في الدم لمدد طويلة إلي موت الخلايا القابلة للتأثر بهذه الهرمونات والتي تشمل الفقد العضلي والنقص المناعي . وقد لا تشمل التأثيرات المبكرة للجلوكوكورتيكويات نقص المناعة . فقد أشارت نتائج الأبحاث الحديثة علي إمكانية البيتا إندورفين (β - Endorfin) . والذي يفرز من الغدة النخامية . مع هرمون الـ (ACTH) من إظهار عمل بعض الخلايا المناعية كإستجابة لأي إجهاد . وتعتبر الجلوكوكورتيكويد عامل قوي ضد الإلتهابات فهي تساعد علي تكوين الليبومودبولين (Lipomodulin) المثبط لإنزيم الفوسفوليباز (Phospholipase A2) وبالتالي فهو يمنع تكوين حمض الأراكيدونيك (Arachidonic acid) وأحماض دهنية أخري من الفوسفوليبيدات علي غشاء الخلية . والتي تعتبر طلائع البروستاجلاندينات Prostaglandins والبروستاسيكلين Prostacyclines والثرومبوكسانات Thrombaxanes والليوكوترينات Leukotrienes والتي تسبب بعضها الإلتهاب بينما تسبب البعض الآخر الألم . وتعطي هذه الخاصية للجلوكوكورتيكويدات تأثيرها المضاد للإلتهاب . وينبه الجلوكوكورتيكويدات إمتصاص أيونات الصوديوم في الخلايا الطلائية الأنبوبية للأمعاء الغليظة والكلي والتي تعتبر إستجابة نوعية لتلك الهرمونات . ويتأثر الإتزان المائي بمعدل إمتصاص أيونات الصوديوم . وتعطي كل هذه التأثيرات والتي تشمل التغيرات التمثيلية النوعية والموت النوعي للخلايا في حالات معينة والتأثيرات الغير محدودة علي العديد من الخلايا والخصائص التأثيرية ضد الإلتهابات عن طريق قدرتها علي إنتاج الليبومودبولين وتأثيراته علي الإحتفاظ بأيونات الصوديوم

ويلعب الكورتيزول دورا هاما في تمثيل كل من الكربوهيدرات والبروتينات والدهون في الجسم . فيؤدي نقصة إلي إنخفاض واضح في تركيز جلوكوز الدم (Hypoglycaemia) كما يزيد من الحساسية للإنسيولين مع إنخفاض في كمية جليكوجين الكبد . وعلي العكس يؤدي زيادة إفراز الكورتيزول إلي زيادة جلوكوز الدم (Hyperglycaemia) مع زيادة كميته في البول (Hyperglycosuria) وزيادة جليكوجين الكبدمع زيادة الحساسية للإنسيولين . وعليه يمكن القول أن للكورتيزول تأثير كبير في زيادة تكوين الجليكوجين من الأحماض الأمينية الناتجة من تحلل البروتينات. كما يقلل من مقدرة الأنسجة علي إمتصاص الجلوكوز. ويزيد إرتفاع البيروفات في الدم

مقدرة الكبد علي تحويلها إلي جلوكوز.وعليه فقد تكون زيادة الجلوكوز الناتجة عن زيادة كمية الكورتيزول إما عن طريق مواد نتروجينية أو مواد غير نتروجينية . ويشجع الكورتيزول هدم البروتينات مما يؤدي إلي ضعف نمو العضلات وقلة سمك الجلد .

ويؤدي الكورتيزول إلي إعادة توزيع الدهن بالجسم حيث يترسب الدهن في مناطق محددة بالجسم كمؤخرة الرأس والبطن . كما يزيد الكورتيزول من ليبيدات الدم عند مرضي السكر مع إرتفاع في الأجسام الكيتونية . ولكن لا تحدث التغيرات الأخيرة في الأشخاص العاديين وذلك لزيادة إفراز الإنسيولين في هذه الحالة مما يمنع ظهور تلك الأعراض .

وللكورتيزول تأثير مضاد للهرمون المانع لإدرار البول (ADH) لما له من تأثيرعلي تقليل قدرة الأنيبيات الكلوية علي إعادة إمتصاص الماء من البول . كما يؤدي الكورتيزول إلي تقليل الفقد في الصوديوم والكلوريد مع لإفراز البوتاسيوم من الكلي .

ويزيد الكورتيزول من حموضة العصارة الهضمية كما يزيد إلي حد ما من إنتاج إنزيم الببسين كما يشجع علي زيادة مقدرة الأمعاء علي إمتصاص الدهون الغذائية .

أما تأثير الكورتيزول علي الدم فينحصر في أنه يزيد العدد الكلي للكرات الدموية البيضاء وذلك بسبب زيادة معدل تكوينها بينما يقل عدد الكرات الليمفاوية .

ثانيا : <u>المنيرالوكورتيكويدات Mineralocorticoids</u> :

يعتبر الألدوستيرون أهم هرمونات المنيرالوكورتيكويدات الذي يتم تخليقه وإفرازه عن الطبقة الخارجية لقشرة غدة فوق الكلية المعروفة بإسم الطبقة الحزمية Zona glomerulosa إستجابة لمجموعة من الإشارات تختلف عن تلك المسببة لإفراز الكورتيزول . وللألدوستيرون تأثير علي حفظ الملح وخاصة أيونات الصوديوم . وعليه فهو يعتبر وسيلة من وسائل الجسم لحفظ الإتزان الإلكتروليتي (Electrolyte balance) حيث يعمل علي الإحتفاظ (Retention) بالصوديوم والكالسيوم وخروج البوتاسيوم خارج الخلية . وعموما فيعتبر الألدوستيرون (Aldosterone) الهرمون الإستيرويدي الذي يلعب دورا هاما في التوازن المائي وتنظيم ضغط الدم علي الكلي بالمحافظة علي أيونات الصوديوم من أن تفرز في البول .

وللألدوستيرون تأثير بسيط علي تمثيل الكربوهيدرات والبروتينات حيث ينحصر تأثيرة في المساعدة علي تكوين الإنزيمات المسئولة عن الأكسدة الفوسفورية . كما أنه ليس له أي تأثير مثبط علي هرمون الـ (ACTH) المفرز من النخامية الغدية .

ولا يتوقف إفراز الألدوستيرون فقط علي أسباب داخلية مثل نقص البروتين أو الإضطراب الدموي الديناميكي بل يتوقف علي عوامل خارجية أخري مثل العطش الشديد أو الإدرار الكثير للبول أو الإسهال أو العقاقير التي تنقص من حجم الدم الساري . بالإضافة إلي إمتصاص السوائل أو نقل الدم أو نقل محلول ملحي . كما يؤثر أيضا محتوي الطعام من الصوديوم والبوتاسيوم علي درجة إفراز الألدوستيرون . وتشجع المنيرالوكورتيكويدات (Mineralocorticoids) علي إنتقال الصوديوم والبوتاسيوم المصاحبة عادة للتغيرات في الإتزان المائي . وتعتبر هذه العملية أساسية لإستمرار الحياة إلا أنها قد تحدث في بعض الأحيان في بعض الخلايا بتأثير الجلوكوكورتيكويدات .

ثالثا : الهرمونات الجنسية sexual hormones :

وتفرز الخلايا الداخلية للقشرة هرمونا ثالثا هو (Dehydroepiandrosterone (DHEA ومشتقاته (Sulfatide and Sulfate) والذي يعرف القليل عن نشاطه الحيوي عدا أنه عبارة عن أندروجين ضعيف ويمكن أن يتحول في كثير من الخلايا بواسطة إنزيم الـ (Aromatase) إلي هرمون إلي إستروجين نشط .

ويتمتع هرمون (Dehydroepiandrosterone) (مشتقاته الكبريتية بالذات) بكونه ذو تركيز عالي في تيار الدم . ولم يتم إكتشاف مستقبلات لهذا الهرمون حتي الآن . ويعتقد أنه المصدر الرئيسي للأندروجينات (التستوستيرون) في الإناث . ويبدو أن لهذا الهرمون أهمية في تطور الجنين وإمداد الخلايا بطلائع تكوين الإستروجين بالإضافة إلي إعطاء بعض الخلايا وظائف وقائية بطريقة غير مفهومة حتي الآن .

هرمونات نخاع غدة فوق الكلية

Hormones of Adrenal Medulla

يتم تخليق وإفراز الكاتيكولامينات Catecholamines من الخلايا العصبية الأدرينالينية الإثارة (Adrenergic) (السمبثاوية) للجهاز العصبي . وتكون تلك الخلايا مع الخلايا الكولينية (Cholinergic) (الجارسمبثاوية) الوسيلتين الرئيسيتين للإتصال العصبي الكيميائي . وتخلق الخلايا الأدرينالينية الإثارة وتفرز النورإبينفرين (Norepinephrin) النورأدرينالين (Noradrenalin) بينما تقوم الخلايا الكولينية بتكوين

وإفراز الأسيتيل كولين (Acetylcholine) كما يتم تخليق وإفراز موصلات عصبية (Neurotransmittor) بواسطة العديد من الخلايا العصبية الأخري مثل :

١) الخلايا العصبية المنتجة للسيراتونين Seratonergic neurons
٢) الخلايا العصبية المنتجة للدوبامين Dopaminergic neurons
٣) الخلايا العصبية المنتجة للميلاتونين Melatonergic neurons
٤) الخلايا العصبية المنتجة للإنكفالين Enkephalinergic neurones

كما أمكن إيجاد الإنسيولين في المخ بجانب وجوده في البنكرياس حتي أنه أمكن إعتباره من الموصلات العصبية . وعليه فلا توجد حدود فاصلة واضحة بين الموصلات العصبية التي يفرزها خلايا الجهاز العصبي والهرمونات التي تفرز من الجهاز الهرموني . ويمكن إعتبار الكاتيكولامينات - حتي لحظتنا هذه . هرمونات نخاع غدة فوق الكلية أكثر من كونها موصلات عصبية للجهاز العصبي المركزي . ويمكن إعتبار النورإبينفرين (النورأدرينالين) موصل عصبي أدريناليني بينما يعتبر الأدرينالين هرمون نخاع غدة فوق الكلية بالإضافة إلي قدرة النخاع علي إفراز القليل من النورأدرينالين .وفي هذه الحالة يتم إفراز الأدرينالين كنتيجة لحدوث الإجهاد البيئي الفجائي (مثل الخوف) .

ويتركب نخاع غدة فوق الكلية من خلايا عصبية متحورة لا تحتوي علي أية محاور أو نهايات عصبية بل هي في الأساس مكونة من أجسام الخلايا العصبية المتحورة لأداء وظائف إفرازية . وعليه فتعمل النبضات العصبية الواصلة إلي نخاع غدة فوق الكلية من وجهة النظر الهرمونية كإشارات تنبيهية - تنتقل بواسطة إشارات من خلايا عصبية كولينية من الجهاز العصبي السمبثاوي بحيث تنتهي عند إقتران عصبي خاص مع الخلايا الكرومافينية الموجودة في نخاع غدة فوق الكلية .

ويرتبط الهرمون الكاتيكولاميني بمستقبله علي الخلايا الكبدية (hepatocyte) وخلايا أخري محدثة تحلل الجلوكاجون إلي جلوكوز الذي يمر إلي الدورة الدموية لإستعماله كمادة للطاقة جاهزة الإستعمال أثناء حدوث الإجهاد (stress) . وتعمل الكاتيكولامينات علي إحداث بعض التغيرات الفسيولوجية الأخري . والتي تشمل تغيرات في ضغط الدم ووظائف القلب والتي تحدث أيضا من خلال المستقبلان الأدرينالينية الإثارة .

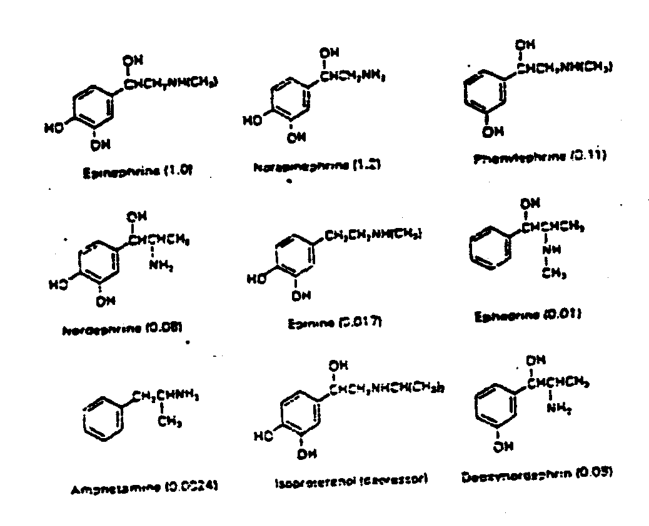
ولا يعتبر النظام الإفرازي لنخاع غدة فوق الكلية أساسيا للحياة مثل هرمونات القشرة فيمكن إستمرار الحياة بعد إزالة أو إستئصال النخاع جراحيا (Sympathectomy) أو إكلينيكيا (Clinical) . كما يمكن إستمرار

الحياة أيضا في حالة إستئصال قشرة غدة فوق الكلية إذا وضع الحيوان في جو خالي من أي إجهاد مع تزويده بالأملاح أو علاجه بالجلوكوكورتيكويدات .

ويظهر الإرتباط بين إستيرويدات القشرة بنخاع الغدة . حيث تعمل الجلوكوكورتيكويدات علي تكوين إنزيم يحول النورأدرينالين إلي أدرينالين في الخلايا الكرومافينية في النخاع . كما يزداد معدل إفراز كل من الأدرينالين والجلوكوكورتيكويدات في حالات حدوث الإجهاد .

التركيب الكيميائي لهرمونات نخاع غدة فوق الكلية :

يمثل الشكل التالي تركيب النورإبينفرين (النورأدرينالين) والإبينفرين (الأدرينالين) والعديد من المركبات الأخري ذات النشاط المشابه لهما .ويمثل الرقم الموجود بين القوسين قرين كل مركب درجة النشاط النسبي للمركب الشبيه بالنسبة للإبينفرين الذي يمثل درجة نشاطه (١,٠٠) .



التأثيرات البيولوجية العامة للكاتيكولامينات :

تتلخص أهم التأثيرات البيولوجية لهرمونات نخاع غدة فوق الكلية فيما يلي :

1) تؤدي زيدة إفراز هرمونات النخاع إلي إرتفاع ضغط الدم الشرياني نتيجة لإنقباض الشرايين . ولا تتأثر جميع الشرايين بدرجة واحدة بل تتفاوت في مدي إستجابتها لفعل هذه الهرمونات .فأ قوي الشرايين تأثرا هي الشرايين الحشوية . بينما تكون الشرايين الرئوية وشرايين الرأس أقلها إستجابة . كما توسع هرمونات النخاع شرايين عضلات الجسم والقلب . فتقل بذلك كمية الدم الواردة إلي الجلد والأحشاء مع زيادة الكمية المغذية للقلب والعضلات اللاإرادية والجهاز العصبي فيسهل القيام بالمجهودات الشاقة

2) تساعد هرمونات النخاع علي إرتخاء عضلات الشعب الهوائية فيوسعها ويسهل التنفس

3) تزيد من سعة الأوكسوجين للدم عن طريق تأثيرها علي الطحال . حيث يدفع الطحال بمحتوياته من الدم الغني بالكرات الدموية الحمراء (الهيموجلوبين) .

4) تزيد هذه الهرمونات سرعة التمثيل الغذائي القاعدي (BMR) بنسبة تصل إلي ٣٠٪. كما تساعد علي تحويل الجليكوجين إلي جلوكوز فيرتفع نسبته في الدم فتنشط العضلات .

5) تضعف من حركة عضلات المعدة والأمعاء والمثانة والرحم ولو أن تأثيرها علي الأخير يختلف بإختلاف الحمل . فبينما تضعف عضلات الرحم في الإناث الغير حوامل نجدها تقبض عضلات الرحم في الحوامل . ويساعد هذه الهرمونات علي إنقباض عضلات البروستاتا والحويصلات المنوية والحالب والشرج والقولون والبواب .

6) تزيد هذه الهرمونات من قابلية الدم للتجلط نتيجة لزيادة مقدرة الكبد علي تكوين الفيبرينوجين مما يساعد علي سرعة تكوين الجلطة الدموية ووقوف النزيف .

7) يساعد علي زيادة مقدرة العضلات الهيكلية للمجهود الشاق .

8) ترفع هذه الهرمونات من درجة حرارة الجسم .

9) تؤدي إلي جحوظ العينين نتيجة لإنقباض عضلات الجفن إلي أعلي ويوسع إنسان العين نتيجة لإنقباض عضلاته الموسعة كما يؤدي إلي إنقباض عضلات الشعر فينتصب .

وتقع إفرازات النخاع تحت تأثير الأعصاب الحشوية (Splanchic nerves) وهي أعصاب جارسمبثاوية (Cholinergic) تؤثر عن طريق إفرازها للأسيتيل كولين من نهاياتها الموجودة في النخاع . ويؤدي إزالة أنسجة النخاع كلية أو قطع الأعصاب المغذية لغدة فوق الكلية - وكلها

معاملات من شأنها تقليل كمية المفرز من الإبينفرين والنورإبينفرين - إلي حدوث معاناة شديدة للحيوان إذا تعرض لظروف بيئية غيرعادية . أي أن أهمية النخاع تبرز فقط في حالات الطوارئ (Emergency) وتحت الظروف البيئية الغير عادية . لذا تسمي هرمونات النخاع بهرمونات المفاجأة أو هرمونات الكر والفر والشجار (Fight, Fright and Flight) حيث تفرز بكميات كبيرة في حالات الإجهاد (stress) سواء النفسي أو الجسمي.وهي تساعد الحيوان علي تحمل الإجهاد بعمل أفعال لا يستطيع عملها أو تحملها تحت الظروف العادية .

<u>أعراض إستئصال غدة فوق الكلية</u> :

لا يظهر أي أثر واضح عند إستئصال غدة واحدة من غدد فوق الكلية إذ تنشط الغدة الأخري لتعوض فقد الأخري . ولكن يؤدي إستئصال الغدتين معا إلي نفوق الحيوان خلال أيام تظهر أثناؤها أعراض مميزة منها ما يأتي :

١) فقد الشهية مع حدوث قيئ وإسهال ونقص سريع في الوزن مع ضعف عام .

٢) فقد كميات كبيرة من سوائل الدم لخروج بعضها في البول ودخول بعضها إلي الأنسجة

٣) نقص كمية السكر و الصوديوم في الدم مع زيادة كمية البوتاسيوم نتيجة لخروج الصوديوم بكثرة في البول وتسرب البوتاسيوم من الأنسجة إلي الدم مع قلة إخراجه في البول.

٤) زيادة كمية الكالسيوم وأملاح الأمونيا والفوسفات مع زيادة حموضة الدم نتيجة لخروج كثير من الأملاح القاعدية في البول .

<u>ويمكن تجنب هذه الأعراض وإطالة عمر الحيوان بالطرق الآتية</u> :

١) منع إعطاء الحيوان أملاح البوتاسيوم مع حقنه بمقادير كبيرة من محلول كلوريد الصوديوم ٩ر٪ . ٢) رفع نسبة الجلوكوز في الدم بالحقن .

٣) علاج إرتفاع حموضة الدم بالحقن ببيكربونات الصوديوم .

إذا أريد عودة الحيوان إلي حالته الفسيولوجية العادية فيجب إستمرار حقنه بمقادير كافية من مستخلص الغدة.

هرمونات الخصية

الأندروجينات Androgens

تشمل الهرمونات المنظمة للنشاط الجنسي في الذكر والمحددة للسلوك الجنسي له هرموني الـ(FSH) والـ (LH) من النخامية الغدية والهرمونات الأندروجينية الإستيرويدية من الغدد الجنسية (الخصي) والتي تشمل :

١) Testosterone
٢) Androstenendione
٣) Dehydroepiandrosterone
٤) 5 - α - dihydrotestesterone

كما تلعب الهرمونات الإستيرويدية الأنثوية مثل الإسترون (estrone) الإستراديول (estradiol) دورا هاما في الذكر عند ظروف معينة .

التأثيرات البيولوجية للهرمونات المحددة للسلوك الجنسي والمنظمة للنشاط الجنسي في الذكر :

أولا : الهرمونات الإستيرويدية Steroid hormones :

١) الأندروجينات Androgens :

وهي عبارة عن هرمونات إستيرويدية تسبب تميز ونضج الأعضاء الجنسية وتطور الصفات الجنسية الثانوية للذكر . كما أنها تظهر السمات السلوكية له لتمكنه من أداء دوره في التناسل . ويعتبر التستوستيرون (Testosterone) والـ 5-α-dihydrotestosterone أهم الأندروجينات في الذكر البالغ . والأندروجينات المتكونة طبيعيا هي عبارة عن إستيرويدات ذات ١٩ ذرة كربون . ويعتبر التستوستيرون الأندروجين الرئيسي في الذكر والذي تكونه وتفرزه الخصية . كما يتم إفراز وتكوين عدد آخر من الأندروجينات بتركيزات منخفضة أهمها Androstenedione and Androst-5-ene-3 - β - diol .

ويعتبر الـ(DHT) 5 α - Dihydrotestosterone الصورة الهرمونية النشطة من التستوستيرون حيث يتم تكوينه أساسا في غدة البروستاتا . إلا أنه يوجد من الدلائل ما يشير إلي أنه يتكون أيضا في الخصية والجلد والغدد التحت فكية (Submaxillary glands) . ويتم إختزال التستوستيرون إلي (DHT) بواسطة إنزيم3 - Kitosteroid - 5 α -Oxidoreductase . ويرتبط هذا الإنزيم بالميتوكوندريا والأغشية النووية في غدة البروستاتا . وعليه فلا يتم إنتقال الـ(DHT) إلي الأنسجة المستهدفة أو التي يؤثر عليها . مثل معظم الهرمونات الإستيرويدية . بل أنه يتكون داخل الخلية التي يؤثر عليها .

التأثيرات البيولوجية للتستوستيرون بصفة خاصة والأندروجينات بصفة عامة:

١) يعتبر المسئول عن نمـو وتطور الأعضاء الجنسية الثانوية وظهور الصفات الجنسية الثانوية في الذكر وإستمرار بعض هذه الصفات بعد البلوغ . فيسبب الحقن بالتستوستيرون في الذكر قبل البلوغ التبكير في ظهور وتطور الصفات الجنسية .

٢) يمنع الحقن بالأندروجينات التغيرات الإنحلالية للأعضاء الجنسية الثانوية التي تصحب عملية الخصي فيسبب الخصي مثلا إضمحلال النسيج الطلائي الغدي للبروستاتا والحويصلان المنوية ولكن يمكن الإبقاء علي هذا النسيج بحالة طبيعية بعد الخصي بالحقن بالأندروجينات . وعلي العموم فيرتبط إرتفاع الخلايا الطلائية لتلك الأعضاء إلي حد كبير بالتنبيه الأندروجيني .

٣) يعتمد تطور كل من القضيب وكيس الصفن علي درجة نشاط الأندروجينات أما إستمرار وظائفها خلال الحياة الجنسية فيتأثر بدرجة أقل من ذلك بكثير بالأندروجينات .

٤) يزيد التستوستيرون ويحفظ حيوية وخصوبة الحيوانات المنوية المخزنة في البربخ .

٥) يؤدي الحقن بكميات كبيرة من التستوستيرون في الحيوانات المستأصل غددها النخامية إلي الإحتفاظ بقدرتها علي تكوين الحيوانات المنوية في الخصية .

٦) ينبه التستوستيرون إفراز الغدد الدهنية بالجلد وإعطاء المظهر الدهني له عند البلوغ الجنسي مما يؤدي إلي ظهور حب الشباب .

٧) يمكن إعتبار التستوستيرون هرمونا متخصصا حيث يؤثر بصفة رئيسية علي الأعضاء التناسلية الثانوية . ويشترك مع هرمون النمو في العمل علي الإحتفاظ بالنيتروجين بالجسم مما يؤدي إلي زيادة تكوين وترسيب البروتين في الأنسجة وخاصة في العضلات الهيكلية فيعطي مظهر القوة العضلية في الذكر .

٨) يعمل التستوستيرون علي حجز الكالسيوم والفوسفور والصوديوم والكلوريد والماء بالجسم وفي النهاية يمكن إعتبار التستوستيرون المسئول عن العواطف الإنفعالية والجنسية في الذكر

الإستجابة البيولوجية للأندروجينات:

تقسم الإستجابات البيولوجية للأندروجينات إلي أربعة أقسام هي :

١) تنبيه نمو القناة التناسلية الذكرية .

٢) تنبيه أو ظهور تأثيرات بنائية علي وزن الجسم (العضلات الهيكلية) والإتزان النتروجيني

٣) تطور الصفات الجنسية الثانوية .

٤) تأثيرات علي الجهاز العصبي المركزي والمخ .

ويمكن تلخيص تلك الإستجابات في الجدول التال.

الهرمون	الإستجابة البيولوجيـــة
DHT	١) تأثيرات أندروجينية علي القناة التناسلية للذكر : تميز ونمو القناة التناسلية الذكرية والتي تشمل: البربخ – البروستاتا ـ الحويصلاتالمنوية ـ الوعاء الناقل – غدد قناة مجري البول .
T	٢) تنبيه أندروجيني للصفات الجنسية الثانوية : نمـو الأعضـاء الجنسـية الثانويـة (القضيـب ـ كيـس الصفـن) ـ خشونـة الصـوت بإستطالة الحنجرة وسمك الأحبال الصوتية ـ نمو وتوزيع الشعر علي مختلف أجزاء الجسم .
T DHT T , DHT	٣) تأثيرات بنائيـــــة : نمو الجهاز الهيكلي . نمو العضلات الهيكلية ـ توزيع الدهن تحت الجلد٣ نمو الأعضاء الجنسية المساعدة : البروستاتا الحويصلات المنوية
تمثيل الـ T إلي E T	٤) تأثيرات علي الجهاز العصبي المركزي : تمييز بعض أعضاء الجهاز العصبي (الهيبوثالاماس–المنطقة القبل بصرية ـ قشرة المخ) تطور الرغبة الجنسية .

E = estradiol   DHT = Dihydrotestosterone   T = Testosterone

٢) الإستروجينـــــــــات :

يقوم الذكر بتخليق كمية محدودة مـن الإستراديول والإسـترون . ويتـم تخليـق ١٠ : ٢٠ ٪ من هذه الهرمونات بواسطة الخصيـة . أما الكميـة الباقيـة منهـا فيتـم تخليقهـا في أنسجة غير صماء عديـدة مثل المخ والكبد والأنسجة الدهنية والجلد وجميعها تحتوي علـي إنزيـم Cytochrome -P - 450 aromatase الـلازم لتحويـل الأندروجينات إلي إسـتروجينات ما عدا تكويـن الإستراديول من التستوستيرون في المخ . ولا يعرف حتي الآن دور الإستروجينات في الذكر .

ثانيا : الهرمونات الببتيدية Peptide hormones :

١) الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية Gonadotropins :

وتشمل هرموني الـ(LH) (Luteinizing Hormone) الذي كان يسمي بالهرمون المنبه للخلايا البينية في الذكر (Interstitial cell - stimulating hormone ICSH) والهرمون المنبه لتكوين الحيوانات المنوية (FSH) (Follicle stimulating hormone) وهما الهرمونان اللذان يتم إفرازهما من النخامية الغدية تحت التأثير المنبه لهرمون الهيبوثالاماس المسمي بالهرمون المفرز للهرمون المنبه للغدد الجنسية (Gonadotropin Releasing Hormone GnRH)

أ) هرمون الـ(LH) Luteinizing Hormone :

يتم تنظيم تخليق وإفراز التستوستيرون في الطور البالغ بواسطة الـ (LH) وبواسطة هرمون الجونادوتروفين الكريوني (Chorionic gonadotropin hCG) في أطوار النمو الجنيني ويتم إفراز الـ (LH) تبادليا بالإرتباط بمستوي التستوستيرون والإستراديول في الدم . وتظهر تأثيرات الـ (LH) علي خلايا ليدج لتنبيه التستوستيرون نتيجة حدوث تفاعل بين هذا الهرمون ومستقبله علي جدار الخلية والذي يؤدي إلي تنبيه تكوين (cAMP) الذي ينشط عملية إنشقاق السلسلة الجانبية للكولستيرول . وتتشابه ميكانيكية هذا التأثير مع تلك الحادثة علي خلايا الجسم الأصفر في الإناث .

ويؤثر الـ (LH) علي تنبيه تكوين وإفراز التستوستيرون نتيجة لإرتباطه بمستقبلاته الموجودة علي السطح الخارجي لخلايا ليدج مما يؤدي إلي زيادة فجائية في الـ(cAMP) داخل الخلية . كما يساعد إرتباط البرولاكتين بمستقبلاته الموجودة علي جدر خلايا ليدج إلي زيادة فاعلية تأثير الـ (LH) لزيادةمعدل إنتاج هرمون التستوستيرون .

ويرتبط معدل التخليق الحيوي للتستوستيرون ثم إفرازه إرتباطا موجبا بمستوي الدم من الـ (LH) . ويمكن تقليل معدل إفراز الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية بزيادة تركيزات الهرمونات الجنسية الإستيرويدية (الأندروجينات والإستروجينات) في الدم مما يؤدي إلي تسهيل إرتباطهم بمستقبلات الإستيرويد في الهيبوثالاماس والنخامية . وهو ما يطلق عليه بالفعل الإغتذائي العكسي السالب (Negative feedback) وعند إنخفاض مستويات الإستيرويدات الجنسية في الدم يرتفع

مستوي الـ (LH) وهو ما يسمي بطور إستعادة التأثير الإغتذائي العكسي السالب (Recovery phase of negative feedback) . ولا يعرف حتي الآن التفاصيل الدقيقة لميكانيكية الأفعال الإغتذائية العكسية إلا أنه طالما كان كل من الأندروجينات والإستروجينات عوامل فعالة في إحداث تأثيرات تمثيلية في بعض مناطق الهيبوثالاماس .لذا فإنه من الممكن إعتبار الـ (LH) ناتج تمثيلي للإستيرويدات الجنسية أكثرمن كونه أستيرويد محدث لإشارة الفعل الإغتذائي العكسي السالب . ويعتقد أن تنظيم تأثيرات الأفعال الإغتذائية العكسية علي إفراز الـ(LH) ينتج عن تأثير كل من كمية الـ GnRH المفرزة من الهيبوثالاماس بالإضافة إلي حدوث تغيرات في درجة حساسية خلايا النخامية الغدية المفرزة للـ LH لفعل هرمون الـ GnRH .

ب) هرمون الـ **Follicle Stimulating Hormone (FSH)** :

وهو الهرمون الذي يؤثر علي خلايا سيرتولي في الأنيبيات المنوية وبالتعاون مع التستوستيرون لبدء إنتاج الإسبرمات بعد البلوغ . وبعد تمام حدوث عملية التميز الوظيفي للخلايا الطلائية الجرثومية في الفئران فإنه يصبح للتستوستيرون وحده القدرة علي الإحتفاظ بعملية التكوين الإسبرمي في الذكر . ويتفاعل الـ (FSH) مع مستقبلة الموجود علي غشاء خلايا سيرتولي ليحدث زيادة فجائية في الـ (cAMP) مما يؤدي إلي تنبيه عمليات تمثيلية إضافية لها علاقة بالتكوين الإسبرمي .

التأثيرات المميزة لهرمون الـ (FSH) علي خلايا سيرتولي :

١) تنبيه تكوين الإلتصاق الوثيق بينها .
٢) تثبيط إنحلال الإسبرمات .
٣) تثبيط إنتاج وإفراز الـ (ABP) داخل الإنيبيات المنوية .

دور كل من الـ (FSH) والـ (LH) في التخليق الحيوي للأندروجينات:

ينحصر دور الـ (LH) في تنبيه التخليق الحيوي للإستيرويدات أو التكوين الإستيرويدي بصفة عامة (Steroidogenesis) في أنه ينبه تكوين الـ (cAMP) كنتيجة لإرتباطه بالغشاء البلازمي لخلايا ليدج . ينشط الـ (cAMP) المتكون إنزيمات البروتين كيناز (Protein kinases) والتي

تقوم بفسفرة بروتينات معينه محدثة زيادة في معدل الإنحلال المائي (hydrolysis) لإسترات الكولستيرول لتكوين الكولستيرول . ينتقل الكولستيرول المتكون إلي الميتوكوندريا حيث ينشق سلسلته الجانبية ويتكون البرجنانولون Pregnenolone . وتعتبر هذه الخطوة التفاعل المحدد لعملية التخليق الطبيعي للأندروجينات . أما عن دور الـ (FSH) في هذا المجال فلازالت المعلومات الشارحة لهذا الدور قليلة بل شديدة الندرة .

جـ) هرمون الـ (GRH) Gonadotrophic Releasing Hormone :

وهو هرمون الهيبوثالاماس المنظم لإفراز هرمونات النخامية المنبهة للغدد الجنسية (FSH ,LH) وهو هرمون ببتيدي مكون من عشرة أحماض أمينية ويرتبط الـ GnRH بمستقبلاته علي أغشية خلايا النخامية الغدية فيؤدي ذلك إلي إفراز الـ (LH) . يتم نقل الـ (LH) عن طريق الدورة الجهازية داخل إلي خلايا ليدج في الخصية .

وفي أثناء مرحلة البلوغ الجنسي يتم نضج خلايا سيرتولي من ناحيتي قدرتها البيوكيميائية وتطورها التشريحي . وذلك تحت تأثير زيادة إفراز هرمون الـ GnRH من الهيبوثالاماس وهرمون الـ FSH من النخامية . عندئذ تبدأ خلايا سرتولي في القيام بوظائف هامة تشمل :

١) البدء في تكوين بروتينات خاصة تشمل البروتين المرتبط بالإندروجين المسمي بالـ (ABP) إختصارا لـ Androgen Binding Protein .
٢) تغذية وتطور الخلايا المنوية (الحيوانات المنوية)
٣) إلتهام الإسبرمات التالفة .
٤) إنتاج سائل غني بالبيكربونات والبوتاسيوم لنقل الحيوانات المنوية الناضجة .
٥) إنتاج الإستراديول من التستوستيرون .

٢) هرمـــون الـ Inhibin :يفرز من خلايا سيرتولي في الذكر ومن خلايا الحويصلات المبيضية في الأنثي . ويؤثر هذا الهرمون علي مستوي الهيبوثالاماس والنخامية لتقليل إفراز الـ (FSH) بالإضافة الهرمونات الإستيرويدية للغدد الجنسية .

ويبدأ تأثيرات هرمون الـ FSH علي الأنيببات المنوية إثر إرتباط هـذا الهرمـون بمستقبلاته الموجـودة علي سطح الغشاء البلازمي الخارجي لخلايا سرتـولي والـذي يـؤدي إلي زيـادى إنتاج الـ (cAMP) داخـل تلك الخلايا ويتم التأثير الإغتذائي العكسي السالب من خلايا سرتولي إلي الهيبـوثالاماس والنخامية الغدية عن طريق هرمون الـ (Inhibin) والـذي يفترض إنتاجه بواسطةخلايا سرتولي . ومما يؤيد ذلك ما يلاحظ مـن زيادة إفراز الـ FSH عند إزالة الخصي والذي لا يمكن إيقافه بأي أندروجين آخر . إلا أنه لم يمكن حتي الآن عزل وتنقية هرمون الـ (Inhibin) أو معرفة صفاته البيوكيميائية وعليه فأي تفاصيل أخري عن تأثيراته المنظمة لهرمونات النخامية غير معروفة حتي الآن .

٣) **البرولاكتيـــــن (PRL) Prolactin** :

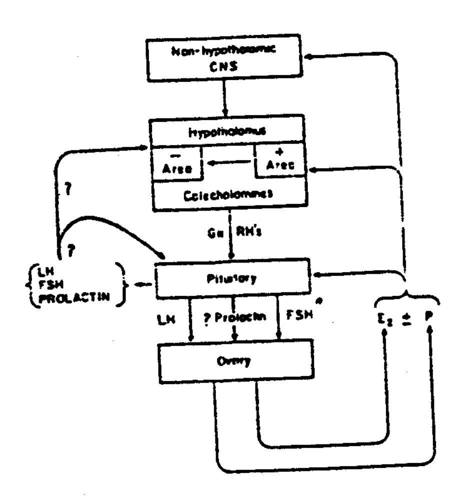
يتميز مستوي سيرم دم الذكر من البرولاكتين بكونه أقل قليلا عن مستواه في سيرم دم الأنثـي . ولا يعرف حتي الآن الدور الحقيقي للبرولاكتين في الذكر . إلا أنه يحدث إنخفاض ملحوظ في ا لكمية المفرزة من البرولاكتين في بعض الظروف التي يحدث فيها نقص إفراز الأندروجينات . وتوجد مستقبلات البرولاكتين علي الغشاء البلازمي لخلايا سيرتولي . ويساعد البرولاكتين علي زيادة التأثيرات التنبيهية لـ (LH) علي عمليات التكوينات الإستيرويدية . وتوجد من الدلالات ما يؤكد وجود تأثيرات للبرولاكتين علي القناة التناسلية في الذكر وخاصة علي البروستاتا والحويصلات المنوية حيث يزيد من مستقبلات الأندروجين

ولقـد أظهـرت نتـائج البحـوث الحديثـة أن زيـادة الـبرولاكتين في الـدم (hyperprolactinemia) الذي يصحب الإصابة بأورام النخامية Pituitary tumor يكـون مقرونا عادة بإضمحلال الخصية وإنخفاض مستوي التستوستيرون في البلازما والتي يمكن إزالتها بإزالة الورم

هرمونات المبيض . الإستروجينات والبروجستينات

Estrogens and Progestins

يتوقف التكامل الوظيفي للجهاز الهرموني في إناث الحيوانات الثديية علي تكامل تأثيرات الإشارات العصبية والهرمونية الصادرة من الجهاز العصبي المركزي والإفرازات الهرمونية من النخامية بجزئيها والمبيض . وهو ما يوضحه الشكل التالي :



ولا يعتقد أن لأي من الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية من النخامية الغدية مثل الهرمون المنبه لنمو الحويصلة المبيضية Follicle Stimulating Hormone (FSH) أو الهرمون المنبه لتكوين الجسم الأصفر Luteinizing Hormone (LH) أو هرمون الهيبوثالاماس المسبب لإفراز هرمونات النخامية المنبهة للغددالجنسية المعروف بإسم Gonadotropin Releasing Hormones (GnRH) أي تأثيرات مباشرة علي وظائف الجسم في الأنثي عدا تأثيراتهم علي الغدة النخامية والمبايض . ويرتبط بتلك الهرمونات ـ علي الناحية الأخري ـ دائرة من التأثيرات التي تظهرها الهرمونات الجنسية . فللهرمونات الإستيرويدية الأنثوية المعروفة بإسم الإستروجينات (Estrogens) والبروجستينات (Progestins)

تأثيرات واسعة المدي علي كثير من أنسجة الجسم في الأنثـي . وفي النهايـة فـإن تفـرز بعـض الهرمونـات المتخصصـة الأخـري مثـل الريلاكسـين (Relaxin) وهرمـون لاكتوجـين المشـيمة (Placental Lactogen) وهرمون المشيمة الآدمي المنبه للغدد الجنسية human Chorionic Gonadotropin (hCG) في أوقات خاصة (عند الحمل وأثناء إدرار اللبن) لتحقيق إستجابات هرمونية أساسية في تلك الأوقات .

وعليه ـ فسنتناول بيولوجية وبيوكيميائية الإستروجينات والبروجستينات في الإناث الغير حوامل ثم نتناول العلاقات الهرمونية للحمل والرضاعة (إدرار اللبن) والتطور بالإضافة للـدور الهرموني في الإخصاب وتحديد الجنس .

هرمونات التطور والتناسل والإدرار في الإناث :

سنلخص فيما يلي الهرمونات المرتبطة بتطور الأعضاء التناسلية وإظهار السلوك الجنسي وتنظيم النشاط الجنسي وتكوين وإدرار اللبن في الإناث :

الهرمونات الإستيرويدية للمبيض :

تشـمل هرمونـات المبيـض علـي ثلاثـة مجـاميع مـن الهرمونـات الإسـتيرويدية هـي الإستروجينات والبروجستيرون والأندروجينات ويتم تخليقها جميعا في المبيض حيث يتوقف معدل هذا التخليق علي هرمونات النخامية المنبهة للغدد الجنسية Gonadotrophic hormones .

أولا : الإستروجينـــــات Oestrogens :

تشـمل الإسـتروجينات كـل مـن الإسـتراديول (Estradiol) والإسـترون (estrone) والإستريول (estriol) والـDehydroepiandrosterone.ويعتبر كل من الإسترون (estrone) والإستريول (estriol) ومركباتهـا المرتبطة بالكبريتات وحمض الجلوكورنيك Glucoronic acid من نواتج التمثيل الغذائي للإستراديول (Estradiol) الذي يعتبر أكثر الإسـتروجينات فعالية . وقد يتحول الإستراديول إلي إسترون أو العكس بفعل إنزيمات خاصة توجد في الكثير من الأنسجة أما الإستريول فهو غير قابل للتحول إلي أي صورة أخري كما يتضح مما يأتي :

والإستروجينات الطبيعية عبارة عن إستيرويدات مكونة من ١٨ ذرة كربون وتتميز باحتوائها علي حلقة بنزين (أروماتية) وهي الحلقة (A) تحتوي علي ثلاثة روابط زوجية ومجموعة هيدروكسيل فينولية (Phenolic hydroxyl group) علي ذرة الكربون رقم (٣) ومجموعة ميثايل علي ذرة الكربون رقم (١٣)

ويتكون الإستراديول من منطقة الغلاف الداخلي (Theca interna) للحويصلة المبيضة المعروفة بإسم الطبقة الحبيبية (Stratum granulosum) في الإناث الغير حوامل .كما تفرز كميات لا يستهان بها من الإسترون بالإضافة إلي كميات أقل من الإستراديول ١٧ بيتا ، ١٦ ألفا إستريول ، ٦ ألفا هيدروكسي إستراديول ١٧ بيتا .

أما في الإناث الحوامل فإن الإستراديول هو الإستروجين الأساسي حيث يكون له نشاط بيولوجي مساوي تقريبا للإستراديول ١٧ بيتا . ويتم التخليق الحيوي للإستراديول في المشيمة من الـ (hydroepiandrosterone sulfate) والذي يتكون في قشرة فوق الكلية للجنين .

وتختلف كمية الإستروجينات في البول بإختلاف وقت التقدير من مراحل دورة الشبق في الحيوانات ودورة الحيض في الإنسان . والجدول التالي (المأخوذ عن براون عام ١٩٥٥) يؤكد

ذلك ويبين الجدول الكمية المفرزة من الإستروجينات (مقدرة علي أساس ملليجم /٢٤ ساعة) في أوقات مختلقة من دورة الحيض في السيدات .

وقت الدورة	إستريول Estriol	إسترون Estrone	إستراديول Estradiol
بداية الدورة	صفر : ١٠ (٦)	٤ : ٧ (٥)	صفر : ٣ (٢)
عند التبويض	١٣ : ٥٤ (٢٧)	١١ : ٣١ (٣١)	٤ : ١٤ (٩)
الجسم الأصفر	٨ : ٧٢ (٢٢)	١٠ : ٢٣ (١٤)	٤ : ١٠ (٧)
نهاية الدورة	٦ر : ٦ر٨ (٣ر٣)	٨ر : ١ر٧ (٥ر٢)	صفر : ٩ر٣ (٦ر)

* الإرقام بين الأقواس تمثل المتوسطات

من الجدول السابق يتضح لنا أن الإستروجينات تفرز طوال دورة الحيض وتصل إلي أعلي مستوي لها عند التبويض تقريبا ولذا يعتقد أن هذه الهرمونات تتكون وتفرز بواسطة حويصلة جراف التي يزداد نشاطها الإفرازي بزيادة نموها وتكوينها ونضجها . كما يتضح لنا أيضا أن الإستروجينات تفرز أيضا خلال الفترة الثانية من الدورة (أي بعد تكوين الجسم الأصفر) . بل لقد لوحظ زيادة معدل إفرازها في البول خلال هذه الفترة مما يدعو إلي الإعتقاد بأن الجسم الأصفر هو عبارة عن غدة ذات إفرازين حيث تفرز كل من الإستروجينات والبروجستينات .

وينخفض معدل إفراز الإستروجينات في البول قرب إنقطاع الدورة (سن اليأس) . ولا يوجد في بول الصغار من الإناث أي إستروجينات قبل سن البلوغ الجنسي .

ويزداد معدل إفراز الإستروجينات خلال الفترةالأخيرة من الحمل ويدعو ذلك إلي الإعتقاد بأن البلاسنتا تفرز الإستروجينات . ومما يؤيد ذلك ما لوحظ من زيادة كمية المفرز من الإستروجينات بزيادة حجم البلاسنتا وإنخفاض إفرازها سريعا بخروج المشيمة .

تساعد الإستروجينات الطبيعية علي نمو كل من الرحم والمهبل والأعضاء الجنسية الخارجية . كما تعمل علي نمو عظام الحوض والعانة والشعر عند البلوغ الجنسي . ويكون الرحم صغيرا في الإناث الغير ناضجة جنسيا أو المستأصل مبايضها كما تصبح كل من عضلات الرحم (Myometrium) وبطانة الرحم (Endometrium) غير تامة التطور .

وتنبه الإستروجينات نمو الخلايا الطلائية الغدية لبطانة الرحم كما تزيد من توارد الدم لها . وقد يكون ذلك نتيجة إفراز الهستامين . كما تزيد المحتوي المائي والإلكتروليتي والبروتيني والإنزيمي لبطانة الرحم.كما تصبح إفرازات عنق الرحم المخاطية غزيرة وأكثر مائية.

وتزيد الإستروجينات أيضا من النشاط الإفرازي للخلايا المبطنة لقناة فالوب والنشاط الحركي للطبقة العضلية لها . كما تزيد من طول أهداب الطبقة الطلائية الهدبية . ويعتبرالنسيج الطلائي للمهبل حساس لفعل الإستروجينات . ويزيد الإستروجين من إفرازات المهبل ويجعلها حمضية التأثير لتحلل الجليكوجين إلي حمض اللاكتيك . وتؤدي هذه التغيرات إلي حماية المهبل من أي إصابة بكتيرية كما يساعد الإستروجين علي تزييت المهبل وهي عملية ضرورية لحمايته أثناء الجماع .

ويزيد الإستروجين من المحتوي المائي للجلد كما يزيد من سمكه نتيجة لتضاد تأثيره مع تأثير الأندروجينات.كما يزيد من إفرازات الغدد الدهنية لذا فقد يكون له أثر في منع ظهور حب الشباب .

ويؤثر الإستروجين علي إعادة توزيع الدهن المخزن في مناطق الجسم حيث يعمل علي ترسيبه في النسيج الدهني تحت الجلد.وتستعمل هذه الظاهرة للعمل علي ترسيب الدهن في الأحشاء وإنتاج اللحم المرمري في حيوانات التسمين وذلك بإضافة الإستروجين إلي علائقها .

ويثبط الإستروجين إفراز هرمون الـ (FSH) كما تؤثر الجرعات الكبيرة منه علي الإحتفاظ بالصوديوم والماء مما يؤدي بالتالي إلي الإستسقاء (Oedema) أو إضطرابات القلب في الأفراد الذين لديهم إستعداد لذلك .

ويزيد الإستروجين من مستوي كل من الثيروكسين والكورتيزول في بلازما الدم كما يخفض من نسبة الكولستيرول فيه . لذا فإنه قد يساعد علي منع تصلب الشرايين .غير أنه غير معروف ما إذا كان للإستروجين أي تأثيرات معدلة أو منظمة لتأثيرات البروجستيرون .

وإجمالا يمكن القول بأن للإستروجينات تأثيرات بيولوجية في القناة التناسلية للأنثي . كما قد تظهر بعض التأثيرات البيولوجية النوعية علي الهيبوثالاماس والمخ ومختلف الأعضاء الحشوية الأخري و يعتبر وجود مستقبل للإستروجين علي جدر خلايا أي نسيج فرضا تخمينيا لوجود تأثيرات بيولوجية له علي هذه الخلايا

ويمكن بيان الأنسجة المحتوية علي مستقبلات الإستروجينات فيما يلي :

١) الجهاز التناسلي الأنثوي : المبيض والجسم الأصفر والرحم والمهبل والمشيمة وأنسجة الثـدي وقناة المبيض في الدجاج

٢) الجهاز التناسلي الذكري : في الخصية والبربخ والبروستاتا والحويصلات المنوية وقناة مـولاري في جنين الدجاج .

٣) الجهاز العصبي الهرموني : النخامية والهيبوثالاماس والمخ (المنطقة القبل بصرية وقشرة المخ).

٤) الأعضـاء الحشـوية : الكبد والكلي والرئة .

ويعتبر تأثير الإستروجين علي كبد الدجاج البياض لإحداث التخليق الحيوي لنوع من الفوسفوبروتين يعرف بإسم الـ (Vitellogenin) من أهم التأثيرات التي درست بإستفاضة في الآونة الأخيرة .حيث أوضح (Tata) ومعاونيه تكوين هذا النوع من الفوسـفوبروتين نتيجة لتنشيط جين خاص .وينتقل الـ (Vitellogenin) بعدتكونه إلي المبيض حيث ينشق هناك مكونا بروتينات الصفار النهائية المعروفة Lipovitellin و Phosvitin

ثانيا : البروجستينات **Progesterons** :

البروجستينات عبارة عن إستيرويدات مكونة من ٢١ ذرة كربون تحتوي علي مجموعتين كيتونية علي ذرتي الكربون رقم (٣) ، (٢٠) . والبروجستيرون هو البروجستين الأساسي الذي ينتجه الجسم الأصفر . وفيما يلي تركيبه البنائي :

CH_3 $C(=O)-CH_3$ CH_3 O

كما يفرز كميات قليلة من البروجستينات الآتية :

٢٠ (بيتا) هيدروكسي بروجستيرون   20 - β hydroxyprogesterone

١٠ (ألفا)هيدروكسي بروجستيرون   10 - α hydroxyprogesterone

١٧ (ألفا)هيدروكسي بروجستيرون   17 - α hydroxyprogesterone

وتتكون البروجستينات وتفرز بواسطة الجسم الأصفر والمشيمة . ويعتبر البروجستيرون مركبا وسطيا عند تكوين الكورتيزول والتستوستيرون والإستراديول من الكولستيرول . ويزداد إفراز البروجستيرون عند أو بعد التبويض عندما يبدأ تكوين خلايا الجسم الأصفر . ويستمر إفرازه حتي بعد يومين من إنتهاء دورة الشبق أو الحيض.ويبلغ معدل إفرازه في طور تكوين حويصلة جراف ٥ملليجم يوميا يزداد إلي حوالي ٣٠ ملليجم يوميا عند منتصف تكوين الجسم الأصفر

ويرتبط البروجستيرون إلي حد كبير بتأثير الإستروجين . فمثلا لا يمكن أن يكون للبروجستيرون أي تأثير علي بطانة الرحم إلا بعد حدوث التغيرات المختلفة التي يحدثها الإستروجين . كما أن تأثيرات البروجستيرون علي الحويصلات الثديية للغدد اللبنية تتم فقط بعدتطور الأنابيب اللبنية التي تتم تحت تأثير الإستروجين .

ويتعارض تأثير البروجستيرون مع تأثير الإستروجين في بعض النواحي . فيقلل البروجستيرون - في بعض أجناس الحيوان - من حساسية بطانة الرحم لهرمون الأوكسيتوزين . كما يمنع البروجستيرون التبويض عن طريق تقليل نشاط مراكز الهيبوثالاماس التي تنظم إفراز الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية . وهذا ما يعلل عدم حدوث أي تبويض بالمرة أثناء الحمل . ويزيد البروجستيرون من درجة حرارة الجسم أثناء فترة تكوين الجسم الأصفر من دورة الحيض أو الشبق نتيجة لتكوين مشتقات البروجستيرون التمثيلية مثل البرجنانديول (Pregnandiol) .

ويستعمل البروجستيرون في بعض الأحيان لعلاج حالات تكرار الإجهاض . ويتلخص فعله في هذا المجال في أنه يساعد علي تكوين المشيمة .

وتنحصر تأثيرات البروجستيرون البيولوجية بشكل كبير وواضح علي قناة المبيض في الإناث وأنسجة الثدي . والتي يمكن تلخيصها فيما يلي :

١) الإنتاج الحراري في النساء .
٢) تنظيم حركة البويضة في قناة المبيض .
٣) إعداد الرحم لإستقبال البلاستوسيست (Blastocyst) .
٤) إبطاء النشاط الكهربي في المخ .
٥) تنظيم الإنقباضات الرحمية أثناء الولادة .
٦) تكوين النظام الإفرازي للثدي أثناء الحمل .

وتوجد مستقبلات البروجستيرون علي خلايا الرحم والمشيمة والنخامية الغدية .

الهرمونات الببتيـــــدية:

يرتبط العديد من الهرمونات الببتيدية بالتناسل في الإناث . وتكون تلك الهرمونات أكثر إرتباطا بالحمل وإدرار اللبن مثل الهرمون الآدمي المنبه للغدد الجنسية المشيمي أو الكريوني (hCG) human Chorionic Gonadotropin والبرولاكتين واللاكتوجين المفرز من مشيمة الإنسان وهرمون الأكسيتوزين وهرمون الريلاكسين . وسوف نناقش الدور البيولوجي لهذه الهرمونات عند الكلام عن الحمل وإدرار اللبن .

أولا : الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية Gonadotropins (FSH) and (LH) :

ويفرز كل من هرموني الـ (FSH) والـ (LH) من النخامية الغدية (Adenohypophysis) وينظم إفرازهما كل من هرمون الهيبوثالاماس المعروف بإسم Gonadotropin releasing hormone (GnRH) ومستوي الهرمونات الإستيرويدية في الدم بالإضافة إلي عوامل أخري غير معروفة حتي الآن.

إن التأثيرات البيوكيميائية الأساسية لـ (FSH) والـ (LH) هي علي التوالي إنتاج الإستروجين (بواسطة خلايا الغلاف المبيضي) والبروجستيرون (بواسطة خلايا الجسم الأصفر) .

وتعتمد الخلايا المحببة في تطورها علي هرمون الـ (FSH) خلال المدة الأولي من الدورة حيث تحتوي تلك الخلايا في هذا الوقت علي أعداد كبيرة من مستقبلات الـ (FSH) وأعداد قليلة من مستقبلات الـ (LH) . لذا تنقسم هذه الخلايا سريعا في هذه الفترة وتنمو وتكتسب المقدرة الإنزيمية علي تحويل الأندروجينات إلي إستراديول . كما تتفاعل الخلايا المحببة المنتجة للإستراديول مع الـ (FSH) لإسراع معدل تضاعف الخلايا المحببة . وتزداد القدرة علي الإستجابة لهرمون الـ (FSH) عندمنتصف الدورة الجنسية رغم قلة مستواه في بلازما الدم وذلك لزيادة تركيز الإستراديول الناتج . ويستتبع ذلك زيادة في تركيز مستقبلات الـ (LH) علي سطح الغلاف والخلايا المحببة إستعدادا للتبويض وبدء مرحلة الجسم الأصفر (Luteal phade) من الدورة الجنسية .

ويوجد أدلة علي وجود هرمون الـ inhibin الذي يفرز من الخلايا المحببة والذي يقوم بتثبيط إفراز هرمون الـ (FSH) من النخامية الغدية . وتصل قدرة الخلايا المحببة علي تحويل

الأندروجينات إلي إستروجين إلي ذروتها قرب وقت التبويض مما يؤدي إلي إرتفاع هائل في تركيز الإستروجين في الدم الأمر الذي يؤدي إلي تأثير إغتذائي عكسي موجب علي محور الهيبوثالاماس . النخامية الغدية . مما يؤدي إلي إنطلاق الـ (LH) .

ويعمل الـ (LH) علي :

١) بدء تكوين البروجستيرون بواسطة كل من خلايا الغلاف والخلايا الحويصلية المحببة .
٢) تثبيط الإنقسام الميتوزي للخلايا المحببة .
٣) تنبيه إنتاج البروستاجلاندين من النوع ($PGF_{2\alpha}$) والإنزيمات المحللة من الخلايا المحببة .

ويؤدي ذلك إلي إنفجار الحويصلة المبيضية وحدوث التبويض . وبعد التبويض وتحت التأثير المستمر للـ (LH) تتحول الخلايا المحببة وخلايا الغلاف إلي خلايا الجسم الأصفر التي تصبح مصدر تخليق وإفراز كميات كبيرة من البروجستيرون وكميات متوسطة من الإستراديول

ثانيا : هرمون الهيبوثالاماس المسبب لإفراز الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية (GnRH) :

يتحكم هرمون الجهاز العصبي المركزي والهيبوثالاماس (GnRH) المنظم لإفراز الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية في إفراز هرمونات النخامية الغدية المنبهة للغدد الجنسية . ويسبب هذا الهرمون زيادة في إفراز كل من الـ (FSH) والـ (LH) بواسطة خلايا خاصة في النخامية الغدية . وينظم إفراز هرمون الـ (GnRH) نوع من التفاعل بين الإشارات الكهربية من الجهاز العصبي المركزي ومستوي تركيز الإستروجين والبروجستيرون في الدم .

وتتحدد إفرازات الـ (GnRH) من الهيبوثالاماس بتكامل المؤثرات البصرية والشمية وتأثيرات الغدة الصنوبرية . بالإضافة إلي بعض العوامل الهرمونية حيث تعمل الهيبوثالاماس علي تحديد ما إذا كان من الضروري . نتيجة لهذه المؤثرات . إفراز الـ (GnRH) من عدمه .

ثالثا : هرمون الـ Inhibin :

لقد تجمعت من الدلائل ما يؤكد أن تنظيم إفراو هرمون الـ (FSH) لا يكون عن طريق الإستيرويدات الجنسية فحسب بل يكون أيضا عن طريق هرمون بروتيني إصطلح علي تسميته هرمون الـ (Inhibin) . وهو عبارة عن بروتين يفرز من الحويصلة المبيضية في الإناث ومن خلايا

سيرتولي في الخصية في الذكور . ويتميز بأن له فعل إغتذائي عكسي علي الهيبوثالاماس أو النخامية لتقليل إفراز هرمون ال (FSH) .كما يعتقد أن لل (Inhibin) وظيفة تنظيمية لنمو الأنسجة داخل الغدد الجنسية إلي جانب تنظيمه لإفراز ال (FSH) .

البلوغ والتطور الجنسي
Puberty and sexual development

يبدأ البلوغ بزيادة صادر النخامية من الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية Gonadotropins وهي هرمونات ال (FSH) وال (LH) . غير أنه من غير المعروف علي وجه التحديد أي العوامل تسبب بدء هذه التغيرات الهرمونية . وقد يكون لمستويات الإستروجين التي تنتج من المبايض قبل بلوغ الأنثي تأثير كافي علي مستوي الجهاز العصبي المركزي والهيبوثالاماس لإبطال إفراز هرمون ال (GnRH) من الهيبوثالاماس . إلا أنه نتيجة لحدوث تغيير في حساسية الجهاز العصبي المركزي والهيبوثالاماس نتيجة لسيادة مستويات الإستروجين يبدأ ال (GnRH) في الإفراز مما يستتبعة زيادة إفراز كل من الـ (FSH) والـ (LH) ويحدث عند بلوغ كل من الذكر والأنثي زيادة في كمية المتدفق من الـ (FSH) والـ (LH) أثناء النوم .ولا يعرف سبب لهذه الظاهرة . ويرتبط بهذه التغيرات الهرمونية حدوث زيادة تدريجية في درجة حساسية المبايض لكل من الـ (FSH) والـ (LH) مما يؤدي إلي زيادة تدريجية في تكوين كل من الإستروجينات والأندروجينات. وتؤدي هذه الزيادة في الإستيرويدات الجنسية إلي نمو الرحم والمهبل والغدد المساعدة والأعضاء الجنسية والحوض والثدي وشعر الإبط والعانة . وتصل هذه التغيرات إلي ذروتها بعد بدء الطمث أو دورة الشبق وإستمرار حدوثه في دورات شهرية متتابعة وما يصحبه من تبويض في كل دورة وتكرارة مع عدم حدوث إخصاب .

التأثيرات الهرمونية أثناء الحمل

يمكن تقسيم الهرمونات ذات التأثيرات البيولوجية أثناء الحمل إلي مجموعتين هما :

١) الهرمونات الإستيرويدية : وتشمل الهرمونات الآتية :

١) البروجستيرون ٢) استراديول ٣) ١٧ بيتا إستريول

٤) كورتيزول ٥) ديزوكسيكوريكوستيرون ٦) ألدوستيرون

٢) الهرمونـات البتيــدية : وتشمل الهرمونات الآتية :

١) الهرمون الكريوني المنبه للغدد الجنسية Human Chorionic Gonadotropin

٢) الهرمون الكريوني المنبه للغدة الدرقية Human Chorionic Thyrotropin

٣) الهرمون الكريوني المنبه لقشرة الأدرينال Chorionic ACTH

٤) هرمون الاكتوجين من البلاسنتا Human Placental Lactogen

٥) هرمون الريلاكسين Relaxin (RLX)

٦) هرمون الأوكسيتوزين Oxytocin

٧) هرمونـات بتيدية أخـري مـن النخاميـة الغدية مثـل الـ ACTH والـ TSH ومـن الهيبوثالاماس مثل GnRH والـ TRH

بالإضافة إلي إرتفاع مستوي الـ Angiotensins والـ Renin في بلازما الدم .

وسنتناول فيما يلي تلك الهرمونات من حيث تكوينها الكيميائي وتأثيراتها البيولوجية أثناء فترة الحمل .

أولا : الهرمونات البتيديـــة Polypeptide Hormones

١) الهرمون الكريوني المنبه للغدد الجنسية Human Chorionic Gonadotropin (hCG)

ويفرز هرمون الـ (hCG) بواسطة خلايا الـ Synctio trophoplast التي تقوم بربط الجنين بمشيمة الأم . وعليه يفرز هذا الهرمون . من الناحية التكنيكية . بواسطة الجنين . ويصل إفراز هذا الهرمون إلي أقصي معدل له عند الأسبوع العاشر من الحمل بعده ينخفض ببطء إلي أن يصل إلي أقل معدل له عند الأسبوع السابع عشر ويبقي علي هذا المستوي بقية مدة الحمل.

ولا يعرف علي وجه اليقين طبيعة التأثيرات البيولوجية لهرمون الـ (hCG) أثناء الحمل إلا أنه يعمل أساسا علي تنبيه الجسم الأصفر وبالتالي تنبيه إنتاج وإفراز البروجستيرون بواسطة الجسم الأصفر. وبذا يضمن الـ (hCG) إستمرار الإمداد بالبروجستيرون من المبيض إلي أن تستطيع المشيمة إنتاج كمية كافية منه عندما يبدأ الجسم الأصفر في الإنحلال أو الإضمحلال. ويعتقد أن للوحدة التركيبية (بيتا) للـ (hCG) القدرة علي التفاعل مع مستقبلات خاصة علي جدر خلايا الجسم الأصفر لتنبيه إنتاج البروجستيرون من الكولستيرول.

٢) <u>هرمون اللاكتوجين المشيمي (human Placental Lactogen (hPL</u> :

ولايعرف علي وجه التحديد التأثيرات البيولوجية الأساسية لهذا الهرمون إلا أنه يعتقد أن له تأثيرات علي تحريك وتمثيل الدهون المخزنة في الأم لإستخدامها في تكوين دهون اللبن. كما أن له تأثيرات مضادة للإنسولين. لذا فيعتقد أن له - من هذه الوجهة - دور في تنظيم جلوكوز الدم في الأم الحامل لضمان أقصي إتاحة لجلوكوز الدم لمواجهة إحتياجات الطاقة للجنين.

٣) <u>الريلاكسين (Relaxin (RLX</u>:

وهو الإسم الذي يطلق علي البروتين النشط بيولوجيا الذي أمكن عزله وتنقيته من الجسم الأصفر لمبايض الخنازير الحوامل. ويعتقد أنه يشجيع إرتخاء (Relaxation) قناة الولادة (Birth canal) وتليين عنق الرحم (Cervix) وأربطة الحوض (Symphysis pubis) إستعدادا للولادة.

ويفرز الريلاكسين أساسا من الجسم الأصفر. إلا أنه يوجد بعض الأدلة علي وجوده أيضا في الحويصلات المبيضية كما يوجد في مشيمة الإنسان. ومما يلفت النظر وجود هذا الهرمون في السائل المنوي للديك (Rooster) كما يوجد في البروستاتا.

وتكون تأثيرات الريلاكسين واضحة علي الأربطة الكولاجينية الموجودة بين عظام العانة (حيث يحدث إرتخاء وانفصال عظام العانة عند الولادة) وعلي الرحم (لتعظيم إنقباض الرحم ولزيادة إنزيم الكولاجيناز Collagenese الرحمي) وعلي عنق الرحم (ليتناغم مع تأثيرات الإستروجين والبروجستيرون والبروستاجلاندينات لتليين النسيج الطلائي الليفي وقت الولادة).

٤) **الاوكسيتوزين Oxytocin :**

هرمون غير ببتيدي يفرز من النخامية العصبية ويعتبر نزول اللبن وخرجه من أنسجة الغدد اللبنية من التأثيرات البيولوجية الرئيسية لهذا الهرمون كما يوجد بعض القرائن علي وجود تأثير لهذا الهرمون علي عضلات بطانة الرحم عند الولادة حيث يساعد علي إنقباضها . ولقد أمكن تعيين كميات كبيرة من هذا الهرمون في دم الجنين .

٥) **هرمونات ببتيدية أخرى :**

لقد أظهرت نتائج البحوث علي إفراز مشيمة الإنسان لهرمون المشيمة المنبه للغدة الدرقية (hCG) human chorionic thyrotropin وهرمون الـ (ACTH) الكريوني المشابهان لهرموني الـ (TSH) والـ (ACTH) المفرزان من النخامية الغدية بالإضافة إلي هرمونات ال(GnRH) وال(TRH)والتي قد تلعب دورا هاما في إفراز المشيمة لهرمونات(hCG) وال(TSH)

ثانيا : الهرمونات الإستيرويدية :

نتيجة لحدوث الحمل ـ تتكون الهرمونات الإستيرويدية من العديد من الأنسجة التي تشمل المشيمة وغدد الأدرينال الجنينية والأمية وكبد الأم .

وتتغير سمات إنتاج الهرمونات الإستيرويدية علي طول مدة الحمل . فتزداد إستجابة كل من غدة الأدرينال والكبد لتمثيل الإستيرويدات بزيادة تميز الجنين وتطوره . فبعد نجاح الحمل مباشرة وخلال المدة من ١٢ : ١٣ أسبوع ـ يكون الجسم الأصفر هو المصدر الأساسي لإنتاج كل من الإستروجين والبروجستيرون . وتبدأ المشيمة في تكوين كميات معقولة من كل من الإستروجينات ـ علي صورة أستراديول . ١٧ بيتا – أستريول – إسترون . إستيرول . والبروجستيرون . ويقع إنتاج المشيمة والجسم الأصفرمن البروجستيرون تحت التأثيرالمنظم لهرمون المشيمة المنبه للغدد الجنسية (hCG)

وحيث لا يوجد بالمشيمة النظام الإنزيمي الكامل لتمثيل الإستيرويدات والذي يمكنه من تحويل الكولستيرول إلي إستراديول أو بروجستيرون أو أي إستيرويدات أخري أثناء الثلثين الثاني والثالث من الحمل فإن قشرة الأدرينال لكل من الأم والجنين تكون هي المصادر الرئيسية لتخليق الإستيرويدات في المشيمة .

١) البروجستيرون Progesterone :

يوجد ثلاثة صور رئيسية من البروجستيرون (C - 21) علي طول مدة الحمل هي :

1) Progesterone 2)16 -α-OH- progesterone 3) 17- α - OH - progesterone

وينتج الجسم الأصفر البروجستيرون بكمية كبيرة حتي الأسبوع ٥ : ٦ من الحمل . بعدها وعند الأسبوع الثاني عشر تصبح المشيمة المكان الأساسي للتخليق الطبيعي للبروجستيرون . وعليه يرتفع مستوي بروجستيرون البلازما من ١ : ٣ نانوجرام / ملليلتر عند بدء الحمل إلي أعلي من ١٠٠ نانوجرام / ملليلتر قرب الولادة . ويرتفع مستوي الـ 17-α-hydroxyprogesterone في البلازما من ٥ر٠ نانوجرام /ملليلتر عند بدء الحمل إلي ٥٠ : ٦٠ نانوجرام / ملليلتر عند الأسبوع ٦ : ٣٦ من الحمل . ويعتبر مبيض الأم الحامل المكان الرئيسي لتكوين الـ 17-α-hydroxyprogesterone حتي الأسبوع ٨ : ١٢ من الحمل . كما يرتفع مستوي 16-α-hydroxyprogesterone في بلازما الدم من ٥ر٠ نانوجرام /ملليلتر عند بدء الحمل إلي ١٢٠ : ١٤٠ نانوجرام / ملليلتر عند الأسبوع ٣٢ من الحمل . ولا يعلم حتي الآن طريقة التخليق الحيوي لهرمون الـ 16-α-hydroxyprogesterone ويعتقد أن كبد الجنين ينتج Δ - pregnenolone - 16 -OH-sulfate والذي يتحول في مشيمة الجنين إلي الـ 16-α-hydroxyprogesterone . ويصبح متاحا لكل من الأم والجنين ولا يعرف حتي الآن وجود أي إستجابة بيولوجية خاصة يمكن أن تعزي إلي هرمون ١٦ ألفا هيدروكسي بروجستيرون 16-α-hydroxyprogesterone .

٢) الإستروجينات Estrogens :

يوجد أربعة صور من الإستروجينات (C - 18) علي طول مدة الحمل هي :

١) إستراديول (١٠:٣٠نانوجرام/ملليلتر) ٣) إسترون (٥:٨ نانوجرام/ملليلتر)

٢) إستريول (٥:١٠نانوجرام/ملليلتر) ٤) إستترول (٢:٤نانوجرام/ملليلتر)

والأخير عبارة عن 15 , 16 $(OH)_2$ - estradiol .

وعند نهاية الثلث الأول من فترة الحمل ـ تصبح المشيمة المكان الأساسي لتخليق الإستراديول (Estradiol) والإسترون(Estrone) . وينتج الإستريول (Estriol) بكميات كبيرة من المشيمة نتيجة تحويل الـ (16 - OH - dehydroepiandrosterone sulfate) الذي ينتج من كبد

وغدد الأدرينال للجنين . وينتج الإستريول (Estriol) . بكمية كبيرة علي ما يبدو . في الجنين من الإستراديول (Estradiol) الناتج من المشيمة .

ولما كان للجنين دورا هاما وأساسيا في إنتاج الإستترول (Estetrol) والإستريول (Estriol) فقد يعطي قياس مستواهما في الدم فكرة واضحة عن صحة وحيوية الجنين . ويكون حدوث تدهور في صحة أو مشيمة الجنين - خلال الثلث الأخير من الحمل - مصحوبا عادة بإنخفاض في مستوي تركيز الإستترول (Estetrol) والإستريول (Estriol) في دم الأم .

٣) **الأندروجينات Androgens :**

يعتبر الـ sulfate dehydroepiandrosterone (C - 19) الأندروجين الأساسي في السيدات الحوامل . ويبلغ مستواه ١٦٠٠ نانوجرام / ملليلتر قبل الحمل ينخفض أثناؤه إلي ٨٠٠ نانوجرام / ملليلتر عند الولادة . ويعطي إنخفاض مستوي الدم من هذا الهرمون دلالة علي زيادة معدل التفريغ التمثيلي (metabolic clearance) له نتيجة لتحوله في المشيمة إلي إستروجينات .

٤) **إستيرويدات فيتامين (D_3) :**

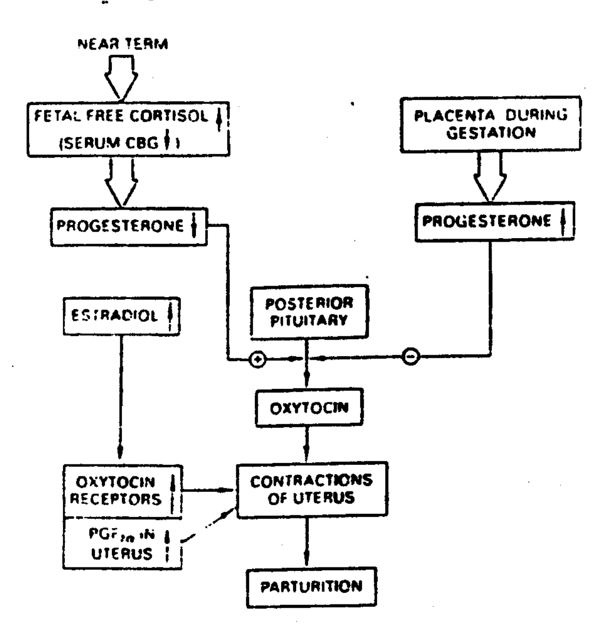
يرتبط نمو وتطور الجنين أثناء الثلث الأخير من الحمل بزيادة إحتياجاته لكمية متزايدة من الكالسيوم لتكوين هيكله العظمي. ويحصل الجنين علي هذا الكالسيوم أساسا من الغذاء أو من كالسيوم الهيكل العظمي للأم.حيث ينتقل عبر المشيمة .وعليه فتملك المشيمه وكلي الجنين القدرة الإنزيمية لتحويل الـ 25 - OH - Vit D_3 إلي 1, 25 $(OH)_2$ Vit D_3 وهي الصورة النشطة هرمونيا من Vit D_3 الازمة للعمليات المرتبطة بالكالسيوم في الأمعاء والعظام .

٥) **البروستاجلاندينات Prostaglandins :**

يرتبط إنتاج البروستاجلاندينات (PGE_2 - $PGF_{2\alpha}$) في المشيمة ببدء عملية الولادة . وتوجد القدرة علي تكوين البروستاجلاندينات في الغشاء الساقط القاعدي Decidua basalis ويؤثر البروستاجلاندين علي الطبقة العضلية للرحم لتنبيه إنزيم الأدينايل سيكلاز .

الـــــــــــــولادة

تختلف موعد الولادة بإختلاف أجناس الحيوانات وطول مدة الحمل في كل جنس منها . ففي الإنسان تحدث الولادة بعد الأسبوع ٣٤ : ٣٦ من الحمل . وتمثل بدء عملية الولادة ذروة أو أوج سلسلة معقدة من المظاهر الهرمونية في الأم والجنين . فعندما يقترب موعد الولادة يصبح الجنين معرضا لإرتفاع كبير جدا في مستويات الجلوكوكورتيكويدات وخاصة الكورتيزول . وتسبب الزيادة الكبيرة في الكورتيزول الحر الكثير من التغيرات في المشيمة وهو ماويضحه الشكل التخطيطي التالي الذي يناقش الأدوار المحتملة لهرمون الجلوكوكورتيكويد في الإنهاء الطبيعي للحمل



ويتم إفراز كمية كبيرة من البروجستيرون طوال مدة الحمل والتي يكون لها تأثيرات عميقة في تطوير غدد الثدي مع إعاقة تأثير هرمون البرولاكتين في تمييز خلايا ه مما يجعلها غير قادرة علي تكوين بروتينات اللبن .ولا يزال الفرض بإتحاد البروجستيرون المفرز بمستقبلات الجلوكوكورتيكويد الموجودة علي خلايا غدد الثدي بدلا من إتحادها بالكورتيزول ومنع نشاط مستقبلات الجلوكوكورتيكويد والتي تلزم بالإضافة إلي البرولاكتين لتكوين بروتينات اللبن موضع

جدل حتي الآن ويمنع البروجستيرون أيضا إفراز الأوكسيتوزين من النخامية العصبية . ويعتبر ذلك منظم هام حيث يظهر الأوكسيتوزين تأثير قوي علي الإنقباضات الرحمية .

ويرتفع مستوي الكورتيزول الحر قبل الولادة نتيجة لقلة معدل إفراز البروجستيرون من المشيمة لإنخفاض معدل إفراز الـ (hCG). ويسبب الإنخفاض الحاد الحادث في مستوي البروجستيرون إلي زيادة إفراز الأوكسيوزين من النخامية العصبية . ويؤثر الكورتيزول علي المشيمة لتنبيه تكوين الإستروجين ويتلازم ذلك مع زيادة كمية البروستاجلاندين (PGF2α) من الرحم. ويزيد كل من البروستاجلاندين والإستروجين حساسية الرحم لفعل الأوكسيوزين حيث يحدث الأوكسيتوزين المفرز من النخامية العصبية إنقباض العضلات الناعمة للرحم فيساعد علي خروج الجنين عند الولادة . لذا يعتبر الكورتيزول العامل الرئيسي لبدء الولادة .

وقد يلعب الكورتيزول أيضا دورا هاما في توليد الـ Pulmonary surfactant وهي المادة اللازمة لثبات الحويصلات الرئوية ولتخزين الجليكوجين في العضلات الهيكلية والقلبية للجنين وفي الكبد . وقد تساعد هذه العملية الجنين علي تجنب الإجهاد الناتج عن قلة الاكسوجين (hypoxia) أثناء الولادة .

وعلي العموم فإنه علي الرغم من أنه لم يعرف حتي الآن وعلي وجه اليقين حقيقة التغيرات البيوكيميائية والهرمونية المرتبطة بالولادة إلا أنه قد تلعب البروستاجلاندينات التي تنتج علي سطح أغشية خلايا الغشاء الساقط القاعدي (deciduum) وإستيرويدات وأوكسيتوزين الجنين بالإضافة إلي الكاتيكولامينات والأوكسيتوزن من الأم دورا رئيسيا في هذا المجال .

إدرار اللـــــــبن
LACTATION

إنه من غير الواقع فصل عملية الإدرار عن الحمل . فكل منهما مرتبط بالآخر . حيث تحدث الكثيرمن التغيرات الهرمونية المرتبطة بإدرار اللبن أثناء الأدوار المبكرة من الحمل . فمن الضروري . مثلا حدوث نمو في قنوات وفصوص والحويصلات الغدية للثدي أثناء الحمل لتحقيق المقدرة علي إدرار اللبن بعد الولادة . ولقد أوضحت نتائج البحوث علي مشاركة ستة من هرمونات النخامية علي الأقل بالإضافة إلي لاكتوجين المشيمة والإستروجين والبروجستيرون

والجلوكوكورتيكويدات والثيروكسين والإنسيولين في بعض نواحي النمو والتطور في غدد الثدي . وسوف نتناول فيما يلي بالتفصيل تلك التغيرات التطورية وحصر التأثيرات الهرمونية الضرورية لإدرار اللبن .

يعتبر هرمون البرولاكتين الهرمون الببتيدي الأساسي للإدرار الذي يفرز من النخامية الغدية . وتنحصر التأثيرات البيولوجية للبرولاكتين في الإناث في تضاعف وتطور ونمو التركيب الخلوي في الثدي وبالتالي فإنه يمكّن غدد الثدي . بعد حدوث تنبيه مناسب - من إدرار اللبن . أما دوره في الذكر فغير معروف . وعلي العموم فيحتوي بلازما الفرد الحديث الولادة علي مستويات من البرولاكتين تفوق كثيرا أعلي مستوياته في دم الأم أثناء الحمل أو إدرار اللبن .

ولقد أظهر الإنسيولين أنه ضروري لتكامل وظيفة الضرع أثناء إدرار اللبن حيث ينبه إستفادة الثدي من الجلوكوز مما يسهل عملية التكوين الليبيديLipogenesis

كما يعتبر هرمون الجاردرقية (PTH) ضروري أيضا للوصول إلي إدرار أمثل للبن . حيث يؤدي نزع الجاردرقية إلي هبوط إدرار اللبن . وقد يكون هذا الهبوط نتيجة لأي من الإحتمالات الآتية أو منها مجتمعة :

١) لحدوث تأثيرات مباشرة علي أنسجة الضرع .

٢) لحدوث تأثير خاص علي عملية تحريك الكالسيوم من العظام لإستخدامه في تكوين اللبن.

٣) لحدوث تأثيرات غير مرغوب فيها علي إنتاج الـ (1,25, dihydrovitamin D 3) الذي ينظم إمتصاص الكالسيوم من الأمعاء بكميات كافية لتكوين اللبن . وبالتالي تفادي شدةفقد العظام للكالسيوم نتيجة لإستخدامه في تكوين اللبن .

ويعتقد أن هرمون الدرقية هام للإفراز الطبيعي للبن . فترتبط ظاهرة سيلان اللبن (galactorrhea) بالحيوانات ذات الدرقية المنخفضة النشاط (hypothyroided) .

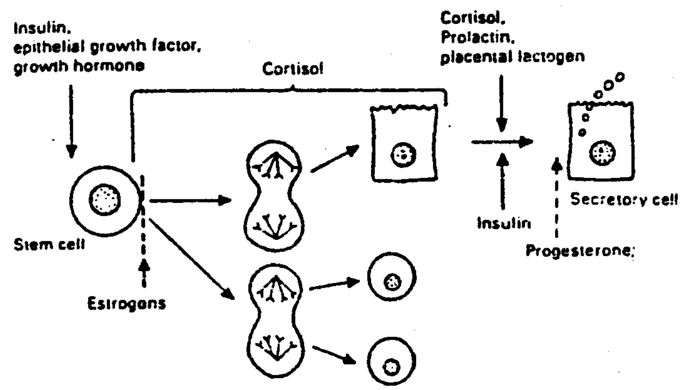
ولا يعتبر أي من الإستروجين أو البروجستيرون ضروريا لتكوين أو إدرار اللبن فلا يؤدي نزع البويضات إلي تقليل أو إيقاف إدرار اللبن .

وتظهر الهرمونات الإستيرويدية لغدة فوق الكلية أهمية خاصة لبدء تكوين وإفراز اللبن وإستمرار عملية الإدرار.

التنظيم الهرموني لتطور الثدي :

Hormonal regulation of the mammary gland development:

لقد أجريت العديد من الدراسات المكثفة لدراسة التنظيم الهرموني لنمو وتطور الضرع . وتشمل الهرمونات اللازمة لنمو ونضج الغدد اللبنية ثلاثة هرمونات هي البرولاكتين والإنسيولين والكورتيزول .
وفيما يلي نوضح تأثيرات البرولاكتين علي تطور وتنظيم الخلايا الإفرازية للثدي :



ويوضح الشكل السابق خطوات تطور الخلايا المفرزة للبن من الخلايا الطليعية الأساسية Stem precursors ويمكن تقسيم تلك الخطوات إلي مرحلتين هما مرحلة التضاعف أو الإنقسام (Proliferation phase) ثم مرحلة التميز او التطور (differentiative phase) .

اولا : طور التضاعف أو الإنقسام Proliferation phase :

تنقسم الخلية الأساسية (الجزعية) Stem cells إلي خلايا طليعية Precursors أو أي نوع آخر من الخلايا . وتقع هذه المرحلة تحت التأثير المنظم للإنسيولين وعامل النمو للبشرة المسمي (Epidermal Growth Factor EGF) وهرمون النمو حيث تعمل كل هذه الهرمونات علي تشجيع عملية الإنقسام . وقد يساعد البرولاكتين علي زيادة حساسية الخلايا الأساسية لفعل هرمون الإنسيولين . كما قد يعمل كعامل مساعد لعملية الإنقسام الخلوي . وينظم الثيروكسين كمية البرولاكتين المتاحة لخلايا الثدي . ولما كان كل من الـ (TSH) والبرولاكتين يقعان تحت التأثير المنظم لهرمون الـ (TRH) المفرز من الهيبوثالاماس والذي يتأثر عكسيا بمستوي هرمون الدرقية

في الدم فإنه تنخفض الإشارة المنبهة لإفراز كل من البرولاكتين والـ (TSH) بزيادة إفراز الثيروكسين . وعليه فلمستوي هرمونات الدرقية في الأنثي أهمية كبيرة في تحديد كمية البرولاكتين المفرزة .

ثانيا : طور التميز الخلوي Differentiative Phase :

تلعب العديد من الهرمونات مثل البرولاكتين والإنسيولين والجلوكوكورتيكويدات (Hydrocortisone = Cortisol) دورا في هذا الطور . ولقد أمكن ظهور الخلايا الإفرازية في الثدي حتي في غياب البرولاكتين غير أنه لا تكون هذه الخلايا غير قادرة علي إنتاج مكونات اللبن . وقدتقع الأحماض النووية (mRNAs) الخاصة بالتخليق الحيوي لبروتينات اللبن تحت التأثير المنظم للبرولاكتين . غير أنه قد يكون للكورتيزون دورا في هذا الشأن . فقد يكون لازما لعمل البرولاكتين في المساعدة علي تكوين تلك الأحماض النووية (mRNAs) المكونة لبروتينات اللبن. فإذا كانت الجلوكوكورتيكويدات لازمة لتكوين بروتينات اللبن علي هذا النحو فإن المرء لا يمكن أن يصل إلي تفسير مقنع لطبيعة تأثير المستوي العالي من هرمون البروجستيرون أثناء الحمل في منع تكوين اللبن أثناء الحمل . ولما كان البروجستيرون منافس قوي للجلوكوكورتيكويدات في مستقبلاتها علي جدر الخلايا المستهدفة .فإن المستوي العالي من البروجستيرون أثناء الحمل يعمل علي زيادة شدة هذه المنافسة حيث يشغل البروجستيرون معظم مستقبلات الجلوكوكورتيكويدات. غير أنه ينخفض مستوي البروجستيرون المفرز من المشيمة إنخفاضا شديدا عند نهاية الحمل وبذا تصبح مستقبلات الجلوكوكورتيكويدات شاغرة بدرجة تسمح للكورتيزول من الإرتباط بها مما يؤدي إلي تنبيه إفراز البرولاكتين الذي يعمل علي تكوين الإحماض النووية (mRNAs) الخاصة بتكوين بروتينات اللبن .

ونود أن نؤكد أهمية التأثيرات الخاصة بالإستروجين والبروجستينات في تنبيه تطور الغدد اللبنية . فيعمل الإستراديول علي تنبيه تطور القنوات اللبنية كما يعمل علي خفض الدوبامين والذي يعتقد أنه عامل تثبيط البرولاكتين (PIF) بينما يعمل البروجستيرون علي تنبيه تطور الحويصلات الغدية في الثدي بالإضافة إلي خفضة لمستوي الـ (PIF) . وعليه فعلي الرغم من إفراز البرولاكتين أثناء الحمل وتطور الغدد اللبنية إلا أنها تصبح غير قادرة علي تكوين اللبن نظرا

لإرتفاع مستوي البروجستيرون الذي يمنع إرتباط الجلوكوكورتيكويدات بمستقبلاتها الموجودة علي جدر الخلايا اللبنية الإفرازية .

التنظيم الهرموني لإفراز اللبن
Hormonal Regulation of Lactation

التأثيرات علي بروتينات اللبن Effects on Milk Proteins :

يسود الإعتقاد ـ بصفة عامة ـ علي إحتواء جدر خلايا الثدي المكونة لبروتينات اللبن علي مستقبلات خاصة لهرمون البرولاكتين . ولقد ثبت حدوث تنشيط لنواة الخلية الثديية الإفرازية يؤدي إلي زيادة معدل تكوين الأحماض النووية (mRNAs) الخاصة بتكوين بروتينات اللبن والتي تشمل الكازين وألفا لاكتالبيومين (α - Lactalbumin) والبيتا لاكتوجلوبيولين (β - Lactoglobulin) .

تأثير الرضاعة علي معدل إفراز البرولاكتين :

يتم إفراز البرولاكتين من خلايا الـ (Mammotrope) الموجودة في النخامية الغدية نتيجة لإفتراض إفراز زوج من العوامل من الهيبوثالاماس :

الأول عامل إفراز البرولاكتين(Prolactin Releasing Factor (PRF والذي قد يكون مشابها لهرمون إفراز الهرمون المنبه للدرقية (TRH) حيث يسبب الـ (TRH) إفراز البرولاكتين من خلايا الـ (Mammotrope) الموجودة في النخامية الغدية . والثاني عامل تثبيط البرولاكتين (PIF) والذي يرتبط بالدوبامين (Dopamin (DA أو قد يكون مطابقا له حيث يقوم بتثبيط إفراز البرولاكتين . بالإضافة إلي وجود بعض الهرمونات الأخري التي تؤثر أو تحور من معدل إفراز البرولاكتين إما عن طريق تحوير تأثير عامل إفرازه من الهيبوثالاماس أو عن طريق تأثيرها المباشر علي النخامية الغدية . فيعمل البروجستيرون والإستروجين علي تثبيط الدوبامين (عامل تثبيط البرولاكتين) وبالتالي يزيد معدل إفراز البرولاكتين . ويؤثر الإستراديول مباشرة علي خلايا الـ Mammotrope لإحداث إفراز البرولاكتين . ويفرز البيتا إندروفين (β - endorphin) في حالات الإجهاد عن طريق هرمون الـ (β - LPH) في خلايا الـ

Corticotrope في النخامية الغدية والذي يعمل علي إفراز البرولاكتين من الـ Mammotrope . أما الكورتيزول (هرمون الإجهاد) فيثبط إفراز البرولاكتين .

وتسيطر الإشارات الصادرة من النبضات العصبية الناتجة من الرضاعة حيث تنتقل عن طريق العمود الفقري لتصل إلي المخ في فترة من الزمن تمثل المللي دقيقة (millisecond) إذا جاز التعبير حيث يسبب إفراز سريع لعامل إفراز البرولاكتين (PRF) أو الـ (TRH) والذي يؤثر بدوره علي خلايا الـ Mammotrope لإفراز البرولاكتين .ويمكن إحداث ذلك عن طريق الخلايا العصبية المفرزة للسيراتونين (Seratonergic neurons) أو تنبيه الخلايا العصبية المفرزة لهرمون البيتاإندورفين (β-Endorphinergic neurons) والتي يمكن لها أيضا من إحداث إفراز للبرولاكتين .

وتعمل الرضاعة علي زيادة معدل إفراز البرولاكتين في الدورة الدموية في أقل من دقائق معدودة ويسمي هذه الفترة بمرحلة الإفراغ النخامي للبرولاكتين (Pituitary deplition stage) وتتوقف كمية المفرز من البرولاكتين في هذه الفترة علي طول مدة الرضاعة السابقة . يفرز البرولاكتين في الدورة الدموية بعد فترة التحضير بمعدل ثابت دقيقة بدقيقة غيرمتأثرة بطول فترة الرضاعة السابقة ويستمر هذا المعدل الإفرازي ثابتا حتي تنتهي كمية البرولاكتين في النخامية الغدية ويعمل عامل تثبيط البرولاكتين (PIF) . والذي يزداد إفرازه ما بين الرضعات. علي تثبيط إفراز البرولاكتين في أثناء فترات توقف الرضاعة . هذا ويعمل البروموكريبتين Bromocryptin أو الـ - α - 2 brome ergocryptine (وهو مركب دوائي)كعامل مثبط للبرولاكتين.ويستعمل هذا المستحضر أيضا لإيقاف إنتاج اللبن أثناء الفطام . ولقد قام المؤلف بإجراء تجارب علي إمكانية إستخدام هذا العقار لكسر فترات الراحة بين دورات الشبق وعلاج التفويت في الأغنام وثبت نجاح هذا العقار في هذا الصدد .

هرمونات الكلية

Hormones of the Kidney

تلعب الكلي دورا ضروريا لحفظ حياة الكائنات الراقية ليس من حيث أهميتها في حفظ درجة ثبات العديد من مكونات السائل البين الخلوي والتخلص من نواتج التمثيل الغذائي النيتروجينية الضارة فحسب بل من حيث كونها عضو أو غدة صماء أيضا .

فالكلي من الوجهة الهرمونية مصدرا لتكوين الرنين (renin) . وهو إنزيم ذو نشاط محلل للبروتين (Proteilytic enzyme) يؤثر علي بروتين البلازما (α_2 - globulin) لإنتاج موسعات شريانية هرمونية (Hormonal angiotensins) والتي تؤثر بدورها علي قشرة غدة فوق الكلية لتنبيه تخليق وإفراز الألدوستيرون بالإضافة إلي الهرمونات التالية :

١) Erythropoietin وهو هرمون ببتيدي لازم لتكوين كرات الدم الحمراء (Erythropoiesis) في نخاع العظام

٢) 1,25,dihydroxy - vitamin D_3 وهي الصورة الهرمونية النشطة لفيتامين (D) اللازمة لحفظ الثبات الذاتي للكالسيوم في الجسم .

٣) Kallikreins وهي مجموعة من إنزيمات البروتياز سيرين (Serine proteases) ذات التركيب الكيميائي ($CH_2OHCHNH_2COOH$) والتي تعمل علي بروتينات الدم لتكون الـ (Bradykinin) وهو موسع فعال للأوعية الدموية (Potent Vasodilator) .

وتعمل الكلي . بالإضافة إلي ذلك . كعضو مستهدف للعديد من التأثيرات الهرمونية . حيث تؤثر الهرمونات الآتية علي الكلي :

١) الألدوستيرون (Aldosterone)

٢) 1,25,dihydroxy - vitamin D_3

٣) الفازوبرسين (Vasopressin)

٤) البروستاجلاندينات (Prostaglandins)

٥) الكورتيزول (Cortisol)

٦) الثيروكسين (Thyroxin)

٧) الإنسيولين (Insulin)

٨) الجلوكاجون (Glucagon)

٩) الكاتيكولامينات (Catecholamins) وتشمل الإبينفرين والنورإبينفرين

١٠) عامل الـ Atrial natriuretic factor (ANF) or Atriopeptin

و يلخص الجدول التالي النواحي الهرمونية للكلي سواء كغدة صماء مفرزة لبعض الهرمونات أو كعضو مستهدف لبعض الهرمونات الأخري .

هرمون الكلي	الأعضاء الأساسية المستهدفة	تأثيراتها
Erythropoietin.	نخاع العظام	تنبيه تكوين الكرات الحمراء
1,25-dihydroxyvitamintin D_3	الأمعاء . العظام . الكلي	حفظ الثبات الذاتي للكالسيوم
إنزيم الرينين (Renin)	الدم لتنظيم تكوين الموسعات الشريانية الهرمونية Angiotensin	تنظيم إنتاج الألدوستيرون من قشرة غدة فوق الكلية .
. Prekallikreins	بروتين α 2 globulin في السيرم	إنتاج الكينينات (Kinins) مثل Pradykinin وهي موسعات فعالة للشرايين.
البروستاجلاندينات	الكلي	جهاز مجاورات للكبيبات الكلوية Juxtaglomerular

* الرينين يعتبر إنزيم من الناحية التكنيكية ولا يعتبر هرمون من الوجهة الكلاسيكية أو من حيث التعريف الحديث للهرمون .

ولقد عرف J. Peters عام ١٨٣٥الوظيفة الفسيولوجية للكلي بأنها تعمل كأحد الحراس النهائيين (ultimate guardians) لمكونات البيئة الداخلية . ومن هذه الوجهة تشغل الكلي مكانا فريدا في سلسلة العمليات الفسيولوجية بجسم الكائن الحي في كونها تعمل كعضو نهائي أو أخير للتعريف بمستوي الماء والمكونات الإلكتروليتية بالإضافة إلي العديد من المركبات العضوية ذات الأوزان الجزيئية الصغيرة في الجسم وحفظ تلك المستويات ثابتة . كما تلعب الكلي . بالإضافة إلي ذلك - دورا فسيولوجيا هاما للحفاظ علي الإتزان الحامضي القلوي (Acid-base balance) الملائم . لذا فإنه ليس بمستغرب أن تكون الكلي مصدرا لإنتاج العديد من الهرمونات بالإضافة إلي كونها هدفا للعديد من التأثيرات الهرمونية الأخري . ولعل التكوين التشريحي والخلوي للكلي هو الذي يعطي لها القدرة التنظيمية في الجسم علي إنتاج هرموناتها بالإضافة إلي تنظيم الإستجابات البيولوجية للعديد من الهرمونات المؤثرة علي درجة الثبات الذاتي لإلكتروليتات في الجسم

التأثيرات البيولوجية لهرمونات وإنزيمات الكلية :

١) الريـــــنين Renin :

الرينين عبارة عن إنزيم جليكوبروتيني وزنه الجزيئي ٤٢٠٠ أمكن عزله من كلية الفأر وغدده التحت فكية .

ويلخص الجدول التالي العوامل المؤثرة علي تنبيه أو تثبيط معدلات إفراز الرينين.

عوامل التنبيه	عوامل التثبيط
إنخفاض ضغط الدم الأذيني الكلوي	زيادة ضغط الدم الأذيني الكلوي
إنخفاض حجم السوائل خارج الخلايا	زيادة حجم السوائل خارج الخلايا
الكاتيكولامينات التي تشغل مستقبلات البيتا أندروجينية β adrenergic receptors .	الكاتيـــكولامينات الـتي تشغــل مـستقبلات الألفـا الأندروجينية α2 adrenergic receptors .
إنخفاض تركيز أيونات الصوديوم	زيادة تركيز أيونات الصوديوم .
إنخفاض تركيز أيونات البوتاسيوم	زيادة تركيز أيونات البوتاسيوم .

٢) الأنجيوتنسين I و II Angiotensins (I) and (II) :

يلخص الجدول التالي التأثيرات البيولوجية للأنجيوتنسينات angiotensins

الأنجيوتنسين	تأثيراته
١) I I = III> I	تنبيه تخليق وإفراز الألدوستيرون من قشره غدة فوق الكلية .
٢) I I > III	رفع ضغط الدم عن طريق إنقباض الأوعية الدموية .
٣) I I	تنبيه إفراز الكاتيكولامينات من نخاع غدة فوق الكلية
٤) I I > III	تنبيه الشعور بالعطش عن طريق الجهاز العصبي المركزي

٣) الكالكرينات Kallikrens والكنينات Kinins :

الكاليكرينات Kallikrens هي مجموعة من إنزيمات الـ serine proteases والتي تؤثر علي الـ α2 - globulibs المعروفة بإسم الـ Kinogens لإنتاج الكينينات Kinins مثل الـ bradykinin . ويعتبر البراديكينين أكثر المواد الموسعة للأوعية الدموية فاعلية .

٤) البروستاجلاندينات Prostaglandins :

يعمل البروستاجلاندين علي تضاد إرتفاع ضغط الدم الناشئ عن زيادة معدل إمتصاص أيونات الصوديوم . ويعمل البروستاجلاندين من النوع (PGA2) علي خفض حجم الدم عن طريق تأثيره المباشر علي خفض كمية أيونات الصوديوم المعاد إمتصاصها بواسطة الخلايا المخاطية لقشرة الكلية وبذا يحدث إنخفاض في ضغط الدم .

٥) الإرثروبيوتين Erythropoietin :

تعتبر الكلية العضو المسئول أساسا علي تنظيم إنتاج الإرثروبيوتين كإستجابة لأي تغيرات تحدث في كمية الأكسوجين المتاحة . ويظهر الهرمون البروتيني الإرثروبيوتين . والناتج من الكلية . تأثيراته التنبيهية الرئيسية في تخليق الهيموجلوبين عن طريق زيادة عدد الكرات الدموية الحمراء المكونة للهيموجلوبين . وترتبط الإصابة بالأنيميا أو نقص الهيموجلوبين بعدم كفاءة إنتاج الإرثروبيوتين في الكلي .ويعتبر الإرثروبيوتين الهرمون الأساسي في تميز وتطور الخلايا الجزعية المكونة للكرات الدموية الحمراء .

٦) عامل البطين المفرز للصوديوم Atrial Natriuretic Factor (ANF), Atriopeptin

يلخص الجدول التالي التأثيرات الأساسية لل (ANF) :

مكان التأثير	التأثيرات الحادثة
الكلية	يزيد من معدل الترشيح في الكريات الكلوية Glomerular filtration rate (GFR) والذي يؤدي إلي زيادة إفراز أيونات الصوديوم .
العضلات الناعمة	إرتخاء عضلات البطين وإنقباض الأوعية الدموية الكلوية .
الدورة الجهازية وضغط الدم	إنخفاض ضغط الدم .
نظام الرنين . أنجيوتنسين . ألدوستيرون	إيقاف إفراز الرنين من الكلي .

البروستاجـــلاندينـــات
Prostaglandins

تمثل البروستاجلاندينات Prostaglandins (PG) قسم من المواد أو المركبات يتم تخليقها أو إنتاجهـا في العديـد مـن أنـواع الخلايـا الواسـعة الإنتشـار في جسـم الكـائن الحـي . وتؤثـر البروستاجلاندينات علي الخلايا التي تقوم بتخليقها أو علي الخلايا المجاورة لها أو علي خلايا تبعد عنها قليلا حيث قد تنتقل إلي مسافات قليلة من مكـان تخليقها حيث أماكن إحداث تأثيراتها . وعليه فيمكـن وضـع البروسـتاجلاندينات تحـت قسـم الهرمونـات ذات الإفـراز الذاتـي autocrine) hormones) ويمكن إعتبار بعض أنواع البروستاجلاندينات مثل البروستاسيكلينات Prostacyclins) (PGI_2 هرمونات تقليدية ذات إفراز داخلي (Traditional eddocrine hormones) من حيث أنهـا تخلق في خلايا الأوعية الدموية وتبقي في تيار الدم فترة من الوقت ويمكن أن تظهر تأثيراتها علي مسافات تبعد نسبيا عن أماكن تخليقها غير أن الكثيرين يعتبرون البروستاجلاندينات والمـواد المرتبطة هرمونـات ذات تأثـيرات محليـة (Local hormones) أي أنهـا إمـا أن تكـون ذات تأثـير ذاتـي (autocrine) أو ذات تأثير جانبي (Paracrine) وتظل فعالة خلال مدة قصيرة من الوقت .

وتشتق البروستاجلاندينات والمواد ذات العلاقة بها مثـل البروستاسيكلينات Prostacyclins) (PGI_2 والثرومبوكسانات (Tromboxanes TX) والليوكوترينـات (Leukotrienes LT) مـن الأحمـاض الدهنيــة المخزنــة في الأغشـية الخلويـة كفوسـفوليبدات (Phospholipids) أو ثلاثـي الجلسريدات (Triglisrides) . ويتم إفراز طلائع الحمض الدهني الأراكيدونيك (arachidonic) بواسطة إنزيم الفوسفوليباز (Phospholipase) أو إنزيم الليباز (lipase) الموجــودة في الأغشـية الـخلوية نتيجة حدوث تنبيهات معينة . تلك التنبيهات هي في الحقيقة عبارة عن إشارات لتنشـيط الإنزيم المكون لحمض الأراكيدونيك من فوسفوليبيدات أغشية الخلية . عندئذ تبدأ حدوث سلسلة من التفاعلات التخليقية التي تحفزها إنزيمات خاصة في الغشاء الخلوي والمؤدية إلي خروج النواتج البروستاجلاندينية من الغشاء الخلـوي إلي داخـل سيتوبلازم الخلية . وقد يرتبط البروسـتاجلاندين

المفرز بهذه الصورة بمستقبل خاص به يوجد داخل الغشاء الخلوي أو غشاء داخلي آخر في الخلية . أو قد يفرز إلي خلية أخري خارج تلك الخلية التي تم تخليقه فيها . حيث يظهر تأثيراته عن طريق إرتباطة بمستقبل خاص به علي الغشاء الخلوي لتلك الخلية المجاورة . وعموما فإن المعلومات المتاحة حتي الآن الخاصة بآلية إفراز البروستاجلاندينات من الخلايا تعتبر قاصرة .

وتنتج البروستاجلاندينات بواسطة العديد من الخلايا في الجسم. غير أنه من غير الواضح ما إذا كان لكل خلايا الجسم القدرة علي إنتاج البروستاجلاندينات . ويبدو أن لمختلف الخلايا قدرات متباينة لإنتاج البروستاجلاندينات . وقد يكون الإفراز النهائي للبروستاجلاندينات ناتج لتأثير بعض الهرمونات الأخري أو الناقلات العصبية والتي تعتبر إشارات للخلايا لإنتاج البروستاجلاندينات .

وتظهر البروستاجلاندينات العديد من التأثيرات المختلفة علي مختلف خلايا الأنسجة المستهدفة . حيث :

١) قد يكون لها تأثيرات سلوكية نتيجة لتأثيراتها المباشرة علي بعض الخلايا العصبية.
٢) تؤثر علي الهيبوثالاماس والنخامية .
٣) تؤثر علي مراكز تنظيم الحرارة وتنظيم أقطار الأوعية الدموية .
٤) تؤثر علي الإتصالات العصبية العضلية الذاتية .
٥) تؤثر علي الأنسجة المستهدفة لفعل هرمونات النخامية المنبهة للعديد من الغدد مثل الدرقية وفوق الكلية والمبيض والخصية . وكذا أنسجة بعض الغدد ذات الإفراز الخارجي مثل البنكرياس وخلايا المخاطية الهضمية والأنسجة لمستهدفة لبعض الهرمونات مثل الأنيبيبات الكلوية والعظم والنسيج الدهني .
٦) تؤثر علي العضلات الملساء في الجهاز التناسلي والهضمي والتنفسي والجهاز القلبي الوعائي
٧) تؤثر البروستاجلاندينات علي كرات الدم الحمراء والكرات البيضاء والصفائح الدموية .
٨) يكون للبروستاجلاندينات تأثيرات معينة في إحداث الألم والإلتهاب .

الأقســـام التركيبيـــة للبروستاجلاندينات
Structural Classes of Pgs

علي الرغم من وجود تراكيب عديدة ومعقدة تحت قسمي البروستاجلاندينات ومشابهاتها إلا أنه قد يكون من المفيد عمل وصف مختصر للفروق الموجودة بين أقسامها الرئيسية . فكـل هذه المركبات عبارة عن مشتقات للأحماض الدهنية . والـتي غالبـا مـا تكـون حمـض الأراكيدونيـك (arachidonic acid) ذو السلسلة المفتوحة والمكون من ٢٠ ذرة كربون .

وتشمل البروستاجلاندينات البروستاسيكلينات(Prostacyclins PGI2) والثرومبوكسـانات (TromboxanesTX) والليوكوترينات (Leukotrienes LT) .وتشبه البروستاجلاندينات دبوسة الشعر (الفورتيكة) مع إحتوائها علي حلقة مكونة مـن خمسـة ذرات كربـون تخـرج منهـا سلسلتين جانبيتين . ويتحدد نوع البروستاجلاندين ونشاطه بنوع البدائل الموجودة علي ذرات كربون الحلقة .

A COOH B OH

PROSTAGLANDINS (PG)

وتحتوي الثرومبوكسانات (Tromboxanes TX) علي حلقة سداسية تخـرج منهـا سلسلتين جانبيتين . وتحتوي الحلقة السداسية علي ذرة أكـسوجين أو أكثر متصلة بها .

COOH O O OH

THROMBOXANE (TX)

أما البروستاسيكلينات (Prostacyclins PGI2) فتحتوي علي حلقتين متجـاورتين تحتـوي واحدة منها علي أكسوجين . وتمتد من كل حلقة سلسلة واحدة جانبية .

PROSTACYCLIN (PGI_2)

وعادة ما نجد تضاد في التأثيرات البيولوجية بين كل من الثرومبوكسانات (Tromboxanes TX) والبروستاسيكلينات (Prostacyclins PGI_2)

أما الليوكوترينات (Leukotrienes LT) فهي عبارة عن أحماض دهنية مفتوحة متحورة قد ترتبط بالجلوتاثيون (Glutathione) أو نواتج تحليل الجلوتاثيون .

LEUKOTRIENE (LT)

وتتكون البروستاجلاندينات من ثلاثة مجاميع شائعة هي PGF , PGE , and PGA

١) <u>**PGF**</u> تذوب في محاليل الفوسفات المنظمة (phosphate buffer soluble) وتحتوي علي إيدروكسيل علي ذرة الكربون رقم ٩ و ١١ . وهي أكثر البروستاجلاندينات المحبة للماء (hydrophilic) .

٢) **PGE** تذوب في الإثـــير لذلك أعطي الرمز (E) من الـ Ether وتحتوي علي مجموعـة إيدروكسيل واحدة علي ذرة الكربون رقم ١١ ومجموعة كيتون علي الذرة رقم ٩ .

٣) **PGA** أقل البروستاجلاندينات المحبة للماء . وهي محبة للدهن (lipophilic) لا تحتـوي علي أي مجموعة أيدروكسيل بل تحتوي علي مجموعة كيتون علي ذرة الكربون رقم ٩ .

ونود أن نذكر أن الـ (PGF) هو أكثر البروستاجلاندينات ذوبانا في الماء . وهو يحتوي علي مجموعتين إيدروكسيل علي ذرات الكربون أرقـام ٩ و١١ . وهـو يلعب دورا رئيسيا في إنهاء الحمل حيث ينشط إنقباض عضلات الرحم عند الولادة .

ويقع الـ (PGE) وسطا بين الـ (PGF) والـ (PGA) فيشارك تلك المجموعتين نشاطيهما كما يشاركهما في البدائل الموجودة علي الحلقة الخماسية . فيحتوي علي مجموعة إيدروكسيل علي ذرة الكربون رقم ١١ كما هو الحال في الـ (PGF) وعلي مجموعة كيتونية علي ذرة الكربون رقم ٩ كما هو الحال في الـ(PGA) . وعليه فإن للـ(PGE) له تأثيرات كل من الـ (PGF) والـ (PGA) من حيث قدرة علي تنبيه الإنقباض العضلي وخفض ضغط الدم .

أما الـ(PGA) فيحتوي علي مجموعة كيتونية علي ذرة الكربون رقم ٩ ورابطة زوجية بين ذرتي الكربون ١٠ و ١١ ويظهر نشاط عكس نشاط الـ (PGF) فتأثيره ضعيف علي إنقباض العضلات الملساء وله القدرة علي خفض ضغط الدم .

ويكتب إسم البروستاجلاندين مقترنا برقم وحرف لاتيني مثل الـ (PGF2∝) ويمثل الرقم (٢) عدد الروابط الزوجية في المركب أما الحرف (∝) فيمثل وضع البديل علي ذرة الكربون رقم (٩) حيث يكون في هذه الحالة في الوضع (ألفا) (أي تمتد خلف مستوي الحلقة بعيدا عن إتجاه القارئ) وهو ما يميز تركيب الـ(PGF2∝) . وإذا أضفنا رقم (٢) إلي الرقم السابق فإن الرقم الناتج (وهو ٤ في هذه الحالة) يوضح عدد الروابط الزوجية في الحمض الدهني الطليعي المكون لهذا البروستاجلاندين . وقد يقرن إسم الحمض الدهني الطليعي المكون للبروستاجلاندين بعض الأرقام والحروف توضع بين قوسين مثل arachidonic acid (20:4w6) عندئذ يشير الرقم (٢٠) إلي عدد ذرات الكربون المكونة للحمض الدهني أما الرقم (٤) فيشير إلي عدد الروابط الزوجية أما (w6) فتشير إلي عدد مجاميع الميثايل في سلسلة الحمض من نهاية المركب حتي ظهور أول رابطة زوجية فيه وعددها في حمض الأراكيدونيك ٦ مجموعات ميثايل ويمكن توضيح ذلك في الشكل التالي الذي يبين تحويل الأحماض الدهنية المؤدية إلي إنتاج المركب الوسطي (endoperoxide) في تخليق البروستاجلاندينات .

الغـــدة التيـموسيـــة
Thymus Gland

تقع الغدة التيموسية عند مؤخرة الرقبة ومقدمة الصدر . وتمتد علي جانبي القصبـة الهوائيـة . أما في الإنسان فتقع الغدة فوق القلب . ويختلف شكل الغدة من جنس حيواني إلي آخر . فهي في الطيور مثلامكونة من عدة فصوص حمراء اللون ممتدة علي جانبي العنق . ووزن الغدة النسبي كبير نسبيا عند الميلاد إذ يتراوح وزنها في عجول الأبقار من ٤٥٠ : ٦٠٠ جم عند عمر ٥ :٦ أسابيع أما وزنها المطلق فكبير عند النضج الجنسي .

وتنمو الغدة وتتطور في مراحل النمـو الأخيرة . وتستمر بعد الميلاد ولمدة عدة أسابيع تبدأ بعدها في الإضمحلال بتقدم العمر . وتبقي فترة بسيطة بعد النضج الجنسي ثم تتلاشي نهائيا . أما في الإنسان فتبدأ الغدة في الإنكماش تدريجيا بعد الولادة .ويرتبط معدل الإنكماش في حجم الغـدة بتقـدم العمـر نتيجـة لـتزايد نشـاط قشـرة غـدة فـوق الكليـة وزيـادة مسـتوي هرمونـات الجلوكوكورتيكويـدات في الـدورة الدمويـة . وخلايـا الغـدة التيموسـية حساسـة جـدا لتأثـيرات الجلوكوكورتيكويدات عن طريق وجود مستقبلاتها علي تلك الخلايا . لذا تبدأ الغدة التيموسية في الإضمحلال (involute) تحت تأثير هذه الهرمونات .

وتحاط الغدة التيموسية بكبسولة من نسيج ضام رقيق . وتنقسم إلي فصين رئيسيين وينقسم كـل فص من هذه الفصوص إلي فصيصات عديدة تنفصل عن بعضهـا بحـاجز (septum) مـن نسيج ضام رقيق هو في الحقيقة إمتداد داخلي مـن نسيج الكبسـولة . وهـو يحمـل الأوعيـة الدمويـة . ويتكـون كل فصيص من هذه الفصيصات من قشرة رقيقة خارجية . تتكـون مـن خلايا طلائيـة شـديدة الصبـغ تشبه خلايا النسيج الليمفاوي للعقد الليمفاوية العادية وتسمي بالخلايا التيموسية (thymocytes) ـ يليها نخاع مكون من خلايا سائبة ضعيفة الصبغ نسبيا .

الوظائف البيولوجية للغدة التيموسية :

تلعب الغدة التيموسية والعديد من عديدات الببتيد التي تنتجها خلاياها دورا هرمونيا هاما في تنظيم المناعة في الجسم . ويؤثر العدد الهائل من العوامل التي تنتجها الخلايا المشتقة من الغدة التيموسية ـ بدرجة

أو بأخري - علي تخليق أو إنتاج الجلوبيولين المناعي بواسطة الخلايا المنتجة للأجسام المضادة (antibody) . وقد تنتج الغدة التيموسية مركبات خاصة تنظم إفراز هرمونات بعض الغدد الأخري مثل إفراز هرمون البرولاكتين من خلايا الـ (Lactotrops) في النخامية الغدية . وعليه فإذا كانت الغدة التيموسية تنظم إفراز هرمونات النخامية الغدية ، لذا فمن الممكن حدوث هذا النوع من التنظيم عن طريق ميكانيكية التأثيرات الإغتذائية العكسية (Feedback regulation) الذي يمكننا . في حالة البرولاكتين . من تفسير ظاهرة زيادة مستواه في حالات حدوث الإجهاد (stress) .

للغدة التيموسية علاقة وثيقة بتكوين الأجسام المناعية (antibodies) والخلايا الليمفاوية (lymphocytes) في الجسم . فلقد وجد أن نزع الغدة في الفئران حديثة الولادة يؤدي إلي نقص في الخلايا الليمفاوية وضعف تطور الجهاز الليمفاوي وفقد المقدرة علي تكوين الأجسام المناعية وأنواع معينة من الأنتيجينات (antigens) . بينما يؤدي إستئصال الغدة في الحيوانات البالغة إلي إضمحلال الخلايا الليمفاوية مع عدم التأثير علي مقدرة الحيوانات علي إنتاج وتكوين الأجسام المناعية بطريقة طبيعية . ولقد أمكن إستعادة مقدرة الحيوانات . المنزوع غددها التيموسية . علي إنتاج وتكوين الأجسام المناعية بطريقة طبيعية بعد زرع الغدة بها . ويؤدي حدوث الحمل في الفئران المنزوعة الغدة إلي إستعادة مقدرتها علي تكوين وإنتاج الأجسام المناعية . مما يدل علي أن إفراز الغدة التيموسية للجنين ينتقل إلي الأم عن طريق المشيمة حيث يلعب دورا رئيسيا لإستعادة مقدرة الأم علي تكوين الأجسام المضادة .

مما تقدم بني الرأي الذي يرجح أن للغدة التيموسبة المقدرة علي إفراز مادة نفاذة غير خلوية (non-cellular defusible material) قد تنتقل إلي الأم . ولقد دفع ذلك الكثير من الباحثين لتفسير التأثر البيولوجي للغدة التيموسية علي أساسين هما :

١) قدرة الغدة التيموسية علي إنتاج نوع معين من الخلايا المناعية تنتقل وتتجمع في الأنسجة الليمفاوية الطرفية .

٢) قدرة الغدة التيموسية علي إفراز هرمون خاص هو هرمون التيموسية (thymic hormone) له دور رئيسي وهام في إحداث تضاعف وانضاج الخلايا المناعية في مناطق الجسم .

وتحتوي الغدة التيموسية علي خلايا (T) الليمفاوية والتي تنتج عوامل تنظيم تكوين الجلوبيولينات المناعية (Ig) (Immunoglobulins) بواسطة خلايا (B) الليمفاوية . تدخل خلايا (T) إلي الدورة الدموية من الغدة التيموسية كما تدخل خلايا (B) من نخاع العظام . وتشارك الخلايا الأكولة (Phagocytic cells) في

عمليات المناعة . وعند دخول إي مادة غريبة في الجسم (الأنتيجين) تنتج خلايا (B) الجلوبيولينات المناعية تحت تأثير خلايا (T) المساعدة . وترتبط الأجسام المضادة علي سطح خلايا (T) وتلك الناتجة من خلايا (B) بالجسم الغريب مكونا مركب ينتقل إلي الخلايا الأكولة لهضم الجسم الغريب .

تركيب هرمونات التيموسية وتأثيراتها البيولوجية :

تفرز الغدة التيموسية ستة ببتيدات علي . الأقل - يطلق عليها التيموسينات(Thymosins) وتتميز كل تلك الببتيدات بكونها حامضية يتراوح أوزانها الجزيئية ما بين ٨٠٠ : ١٥٫٠٠٠ . وتنتج هذه الهرمونات في الغدة التيموسية . وتنظم تطور الجهاز الليمفاوي المعتمدعلي الغدة التيموسية حيث تساهم الغدة التيموسية في تنظيم المناعة بالجسم .

التيموسين α_1 (Thymosin α_1) :

وهو أول عديد ببتيد تم عزله من مستخلصات الغدة التيموسية للأبقار . وهو نشط جدا في عمليات خلايا (T) المناعية كما يعدل من نشاط إنزيم الـ Deoxynucleotidyl transferase وتقفل النهاية الأمينية له بمجموعة أسيتيل . ولا يوجد بينه وبين أي هرمون أو عامل آخر تماثل أو تشابه . كما لا يوجد أي تشابه في تتابع الأحماض الأمينية بين تركيبه وتركيب أي بروتين آخر . ولقد أظهرت الدراسات الأكثر حداثة إعتبار الـ Prothymosin α هرمون الغدة التيموسية الحقيقي وأن الـ(Thymosin α) ما هو إلا جزء صغير ناتج من التحليل البروتيني .

التيموسين β_4 (Thymosin β_4) :

للتيموسينβ_4 وزن جزيئي ٤٩٨٢ .ويعدل نشاط إنزيم الـ Deoxynucleotidyl transferase كما يؤثر علي الخلايا الجزعية الليمفاوية (lymphoid stem cells) وعلي عمليات النضج المبكرة للخلايا الليمفاوية المعتمدة علي الغدة التيموسية .ويعتبر التيموسينβ_4 هرمون التيموسية المميز . ويظهر في العديد من الأنسجة .

ويعتبر التيموسين β_3 ببتيد آخر يرتبط كليه بالتيموسينβ_4 إلا أنه يختلف في النهاية الكربوكسيلية له . ووزنه الجزيئي ٥٥٠٠ . وقد يكون جزء أصغر ناتج من التيموسينβ_4 .

التأثيرات البيولوجية والجزيئية للثيموسينات :

تبدأ التيموسينات في التأثير قبل وأثناء تكوين الخلايا التيموسية .فيبدأ تأثير ال ($Thymosin\ \alpha_1$) والـ ($Prothymosin\ \alpha$) أثناء المراحل المبكرة والمتأخرة من نضج الخلايا التيموسية .ويوجد الـ ($Thymosin\ \alpha_1$) في الخلايا الطلائية لنخاع التيموسية والخلايا المغطية لسطح القشرة. بينما يوجد كل من ال(β_3 and β_4 thymosin) في الخلايا المغطية لسطح القشرة .

وتشير نتائج الدراسات الحديثة أن الجهاز العصبي الذاتي والجهاز العصبي الهرموني هما الجهازان المنظمان للنظام المناعي في الجسم . وتلعب الغدة التيموسية دورا هاما في تنظيم الجهاز العصبي المركزي للنظام المناعي في الجسم. ويلخص الشكل التالي التفاعلات بين الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System (CNS) والتيموسية العصبية الهرمونية Neuroendocrine thymus . وفيه يفترض إحتواء سطح الخلايا الطلائية المنتجة للتيموسين علي مستقبلات كولينية Cholinergic receptors كما توجد مستقبلات كولينية (Cholinergic) وبيتاأدرينية (β adrenergic) علي سطح خلايا (T) الليمفاوية . ولقد تم إيجاد مستويات محسوسة من الحمض gamma aminobutyric acid وهو ناقل عصبي neurotransmitter معروف في الغدة التيموسية . بالإضافة إلي التنظيم العصبي فإن العديد من الهرمونات أصبحت معروفة الآن بكونها تقوم بتنظيم إنتاج الغدة التيموسية. فيزيد هرمون النمو من مستويات الـ ($Thymosin\ \alpha_1$) .كما أن لهرمون الـ (TSH) نفس التأثير . كما يوجد إرتباط معنوي بين الجلوكوكورتيكويدات وإنتاج الثيموسين .

ويقوم التيموسين ، علي ما يبدو، بتنبيه مستويات الـ (cGMP) في الخلايا التيموسية كما ينبه دخول الكالسيوم داخل تلك الخلايا . وتعتمد زيادة مستوي الـ (cGMP) علي زيادة مستوي الكالسيوم . ولا يؤثر الثيموسين علي مستويات الـ (cAMP) . ومن المحتمل أن يزيد مستوي الـ (cAMP) تحت تأثير التيموسين أثناء الخطوات الأولي لتطور الخلايا التيموسية بينما يشارك كل من الـ (cGMP) والكالسيوم أثناء الخطوات النهائية من عمليات تميز تلك الخلايا .

الغـــدة الصنـــــوبرية

Pineal gland

تطورت الغدة الصنوبرية في الحيوانات الراقية من كونها عضو مستقبل للضوء إلي كونها غدة تنتج هرمونات تستقبل الإشارات الضوئية الواصلة إليها من العيون الجانبية والأعضاء السمبثاوية . وتشمل نواتج الغدة الصنوبرية علي الميلاتونين (Melatonin) والميثوكسي إندولات (Methoxyindols) والسيراتونين (seratonin) والأسيتيل سيراتونين (acetylseratonin) بيد أن كثيرا ما يذكر الفازوتوزين (Vasotocin) علي أنه من نواتج الغدة الصنوبرية . ولم يصبح من الواضح حتي الآن إمكانية تخليق كمية محسوسة من الفازوتوزين في الغدة الصنوبرية من عدم . ويعتمد تخليق الميثوكسي إندولات (Methoxyindols) علي الضوء أوالإظلام . ويبدو أن تلك الهرمونات مسئولة عن تنظيم الأنشطة التناسلية الموسمية .

وتختلف النظرة الي أهمية هذه الهرمونات من ناحية التأثيرات الفسيولوجية . وهناك إتجاه إلي الإعتقاد بأن الميلاتونين هو المادة الأساسية النشطة التي تفرزها الغدة الصنوبرية ويتم تنبيه إفراز الميلاتونين من الغدة الصنوبرية بواسطةالنورإبينفرين الذي يتم إفرازه من الخلايا العصبية المجاورة

وتبرز ظاهرة الإيقاعية بعلاقة الغدة الصنوبرية بحساسيتها للإضاءة والإظلام ويترجم ذلك بإرتباط الغدة بالتطور والنشاط الدوري للغدد الجنسية كما قد يكون لها بعض التأثيرات علي تناسق إفراز هرمونات النخامية الغدية .

ويعتبر الميلاتونين (melatonin) الهرمون الرئيسي الذي يتم تخليقه وإفرازه من خلايا الغدة الصنوبرية (Pinealocyte) .كما يعتبركل من السيراتونين(seratonin) والأسيتيل سيراتونين (N-acetylseratonin) من المكونات الهامة للغدة الصنوبرية إلا أنهما لا يفرزا . وينشأ كل من الميلاتونين والسيراتونين من الحمض الأميني التربتوفان . وتعتبر الحلقة الإندولية من أهم السمات الرئيسية لكل تلك المركبات . ويوجد الهيدروكسي والميثوكسي إندولات (hydroxy and methoxyindols) في الغدة الصنوبرية . كما يمكن لخلايا الغدة الصنوبرية إفراز ببتيد آخر هو الفازوتوزين والذي قد يكون له أنشطة هامة في الوظائف التناسلية . ويرتبط الفازوتوزين تركيبيا بهرمونات الفازوبرسين والأكسيتوزين . وحديثا تم إيجاد نوعين من النيوروفيسينات (Neurophysins) وهي بروتينات تنشأ في الهيبوثالاماس

ويعتبر التربتوفان طليع تكوين الميلاتونين حيث يتحول هذا الحمض الأميني بعد إستخلاصة من الدم إلي داخل الغدة الصنوبرية إلي (5 - hydroxytryptophan) نتيجة للتأثير التحفيزي لإنزيم التربتوفان هيدروكيلاز (Tryptophan hydroxylase) . ويحول إنزيم الـ (aromatic L - amino acid decarboxylase) الـ (5 - hydroxytryptophan) إلي مركب الـ (5 - hydroxytryptamine) وهو ما يسمي بالسيراتونين . ويصبح تركيز السيراتونين عاليا في الغدة الصنوبرية خلال ساعات النهار وينخفض خلال ساعات الليل حيث يتحول أثناءها إلي ميلاتونين . أو ينخفض تأثيرة نتيجة لبعض العوامل الأخري . ويتحول السيراتونين إلي ميلاتونين بفعل إنزيمين هما :

١) N - acetyltransferase الذي يحول السيراتونين Seratonin إلي N - acetylseratonin

$$\text{Seratonin} \xrightarrow{\text{N - acetyltransferase}} \text{N - acetylseratonin}$$

٢) hydroxyindole - O - methyltransferase (HIOMT) الذي يحفز إنتقال مجموعة الميثايل من المركب S - adenosylmethionine (SAM) بدلا من مجموعة الـ 5 - hydroxyl للـ N - acetylseratonin ويحولة إلي ميلاتونين (5-methoxy -N- acetyltryptamine) .

$$\text{N - acetylseratonin} \xrightarrow{\text{hydroxyindole - O - methyltransferase (HIOMT)}} \text{Melatonin}$$

ويزداد معدل إفراز النورإبينفرين في الظلام وذلك من خلال الخلايا العصبية السمبثاوية حيث تصب هذه اللإفرازات عند خلايا الغدة الصنوبرية . ويرتبط النورإبينفرين بمستقبلات بيتا الأدرينيرجية (β adrenergic receptor) علي أغشية خلايا الغدة الصنوبرية فيزيد من مستوي الـ (cAMP) داخل الخلية مما يؤدي إلي تنبيه نشاط إنزيم البروتين كيناز (Protein kinase activity) الذي يعمل علي فسفرة بروتين معين يؤدي إلي تنبيه تخليق إنزيم الـ N-acetyltransferase . ويؤدي زيادة تكوين هذا الإنزيم إلي تحويل السيراتونين إلي ميلاتونين وبالتالي زيادة إفرازه من

خلايا الغدة الصنوبرية إلي تيار الدم . ويعمل الضوء الذي تستقبله شبكية العين علي خفض النبضات العصبية للأعصاب السمبثاوية للغدة الصنوبرية وبالتالي خفض إفراز النورإبينفرين علي خلايا الغدة الصنوبرية مما يؤدي إلي خفض نشاط إنزيم seratonin-N-acetyltrandferase وإنزيم الـ (HIOMT) وبذا يقف التخليق الحيوي وإفراز الميلاتونين .

<u>التأثيرات البيولوجية للميلاتونين :</u>

١) **<u>تأثيراته العصبية</u>** : فيسبب الميلاتونين الخمول أو النعاس drowness في الإنسان .

٢) **<u>تاثيراته علي الـ (FSH) والـ (LH)</u>** : يثبط الميلاتونين إفراز الـ (FSH) والـ (LH) الذي يحدثه هرمون الـ (GnRH) من الهيبوثالاماس.ويصبح تأثيرات الميلاتونين في هذه الحالة مؤثرة عند تركيز ١ر٠ : ٠ر١ نانومول ويكون تثبيط إفراز النخامية الغدية من هذه الهرمونات بمعدل ٥٠٪ من معدل الإستجابة الكاملة لهرمون الـ (GnRH) . وقد يتدخل الميلاتونين إما في تأثير هرمون الـ (GnRH) المنبه لإفراز هرمونات النخامية الغدية أو بميكانيكية غير مباشرة في عمليات إفراز تلك الهرمونات . ولقد وجد أن الميلاتونين يزيد من نشاط إنزيم الـ (Ornithine decarboxylase) في النخامية الغدية للفأر ويستمر هذا التأثير لعدة أسابيع علي الأقل .ويؤدي إستئصال الغدة الصنوبرية إلي زيادة النشاط الميتوزي في النخامية الغدية للفأر مصاحب لتأثيره علي نشاط إنزيم الـ (Ornithine decarboxylase)والذي عادة ما يعكس النشاط الميتوزي.غير أنه من غير الواضح أن ذلك التأثير له علاقة بمعدل إفرازالـ (FSH) والـ (LH) إستجابة لهرمون الـ (GnRH) .

٣) **<u>تأثيراته علي تنظيم إفراز هرمون النمو</u>** : لقد ظل الإعتقاد بمقدرة الميلاتونين علي تثبيط إفراز هرمون النمو من النخامية الغدية سائدا لفترة من الوقت . ويظهر الميلاتونين هذا التأثير عن طريق تنبيه إفراز السوماتوستاتين (somstostatin) عندما يتراوح تركيزه ١٠ : ١٠٠ نانومول

٤) **<u>تأثيراته علي وظائف المبيض</u>** :يؤدي إستئصال الغدة الصنوبرية إلي بدء وظائف المبيض الغير ناضج ويوقف هذا النشاط عند المعاملة بالميلاتونين .وينخفض معدل إفراز الميلاتونين أثناء الليل قبل أو أثناء البلوغ . وتحدث إعطاء جرعة (من ١ : ٣ملليجم/ كجم) عاليةمن الميلاتونين إلي الأفراد البالغة الصغيرة بدء إفراز البرولاكتين

٥) **<u>تأثيراته علي قشرة غدة فوق الكلية</u>** : ينبه الخفض الحاد للكورتيزول في الإنسان (بواسطة الـ metyrapone مثلا) إفراز الميلاتونين . وقد يشير ذلك إلي وجودنوع من التداخل بين إفراز الميلاتونين . (ACTH) . الجلوكوكورتيكويدات .

المواد شبه الهرمونية التي تنتجها الجاميطات (Gamones)

لقد أثبتت نتائج الدراسات الحديثة - التي أجريت لمعرفة ميكانيكية الإخصاب في بعض الحيوانات البحرية اللافقارية - أن لكل من البويضة والحيوان المنوي القدرة علي إنتاج مواد لهابعض التأثيرات الهرمونية سميت بالجامونات (Gamones) وهي كلمة من مقطعين الأول (Ga) مشتق من (Gametes) والثاني (mone) مشتق من (Hormone) . أي المواد الشبه هرمونية التأثير التي تنتجها الجاميطات . ولم يثبت حتي الآن كونها هرمونات تشبه الهرمونات التقليدية فلم يمكن فصلها أومعرفة تركيبها الكيميائي وطريقة تكوينها وإفرازها وإلا سميت بالهرمونات الجاميطية . وللتمييز بين المواد التي تنتجهاالبويضات عن تلك التي تنتجها الحيوانات المنوية سميت في الأنثي بال (Gynogamones) وفي الذكر بال (Androgamones) . ويختلف الإسمان في المقطع الأول فالمقطع (Gyno) مشتق من كلمة (Gynacology) أي علم أمراض النساء أما المقطع (Andro) فمشتق من إسم الهرمونات الأندروجينية الذكرية Androgens) . ولقد إستخلص من نتائج هذه الدراسات أن الجامونات أربعة : منها إثنتان تنتجها البويضات وإثنتان تنتجها الحيوانات المنوية . نوضح بيانها وتأثيراتها فيما يلي :

الجامونات التي تنتجها البويضات (Gynogamones) :

١) ال Gynogamone I يعتقد أنه ينشط الحيوان المنوي للحركة والعوم .

٢) ال Gynogamone II ينحصر تأثيره في جعل سطح الإسبرم لزجا لذا فيعتبر عاملا مساعدا علي إلتصاق الإسبرم بالبويضة لوقت يمكنه من إختراقها .

الجامونات التي تنتجها الحيوانات المنوية (Androgamones) :

١) ال Androgamon I ويعتقد أنه يثبط حركة الإسبرم توفيرا للطاقة المحدودة والمخزنة لحين الحاجة إليها في عملية الإخصاب .

٢) ال Androgamon II يعمل علي إذابة أغشية البويضة لتسهيل إختراق خلية الحيوان المنوي إلي داخل البويضة .

المنـــاعة والحســـــاسية
Immunity and Allergy

المناعة هي القدرة الفطرية للكائن الحي علي مقاومة والتغلب علي معظم أو كل السموم والكائنات الحية والأجسام الغريبة عنه والتي قد تؤدي مهاجمتها له لإحداث أضرار بالغة له وتحطيم أنسجته وأعضائه . وتتحدد قدرة الكائن الحي المناعية عن طريق جهاز مناعي خاص يستطيع أن يكون أعداد كبيرة من خلايا خاصة حساسة ضد تلك الأجسام الغريبة كما يكون لهذا الجهاز المقدرة علي إنتاج أجسام مضادة (Antibodies) تستطيع أن تهاجم الأجسام الغريبة والتخلص منها .

وتقسم المناعة إلي نوعين رئيسيين هما المناعة الفطرية والمناعة المكتسبة .

أولا : المناعة الفطرية Innate Immunity :

وهي المناعة التي تعطي الكائن الحي القدرة علي المقاومة العامة للكائنات المهاجمة أكثر من كونها موجهة لمقاومة كائنات خاصة مسببة لأمراض معينة . وتشمل :

١) إلتهاب البكتيريا أو الكائنات الحية الأخري المهاجمة عن طريق كرات الدم البيضاء وخلايا الجهاز الإلتهامي الأخري (Macrophage system) .

٢) تحلل الكائنات الغريبة المبتلعة داخل القناة الهضمية بواسطة الإفرازات الحامضية للمعدة والإنزيمات الهضمية المختلفة .

٣) مقاومة الجلد للكائنات المختلفة المهاجمة .

٤) وجود بعض المركبات الكيميائية في الدم تستطيع أن ترتبط بالكائنات الغريبة أوالسموم وتدميرها وتشمل بعض تلك المركبات علي :

أ) الليزوزيم Lyzozyme وهي عبارة عن عديدات تسكر (Polysaccharide)محلل للمخاط (mucolytic) يستطيع مهاجمة البكتيريا وإذابتها .

ب) عديدات ببتيد قاعدية (Basic polypeptides) تستطيع أن تتفاعل مع أوتبطل نشاط بعض أنواع البكتيريا الموجبة لصبغة جرام (gram-possitive bacteria)

جـ) البروبيردين (Properdin) وهو بروتين كبير يمكنه . بالتعاون مع بعض المركبات المعاونة ـ من تدمير البكتيريا السالبة لصبغة جرام .(gram-negatitive bacteria)

د) كميات قليلة جدا من الأجسام المضادة (Antibodies) الناتجة طبيعيا في الدم والتي لهـا القـدرة النوعية علي تدمير بعض البكتيريا والفيروسات أو السموم وهي مشابهة للأجسام المضادة المكونة للمناعة الطبيعية في الجسم كما تتكون دون حاجة ملحة إليها أو بدون سابق التعرض لأي مهاجمة بكتيرية.

وتمكن المناعة الفطرية (الطبيعية) جسم الكائن الحي من مقاومة بعض الأمراض

ثانيا : المناعة المكتسبة Acquired immunity أو المناعة التكيفية Adaptive immunity

وهي قدرة الكائن الحي علي تكوين مناعة خاصة ضد الأجسام أو الكائنات المهاجمة له مثل البكتيريا والفيروسات المرضية والسموم . كما تمكنه من تكوين مناعة خاصة ضد الأنسجة الغريبة عن جسم الكائن الحي . وتمنح المناعة المكتسبة الجسم قدرة حماية عالية . فيمكن للمناعة المكتسبة في الإنسان مثلا حماية الجسم من سموم النسـم البتيوليني او التسمم التيتانوسي حتي تركيز يبلغ ١٠٠ ألف مرة التركيزات المسببة للموت.ولقد إستعملت ظاهرة المناعة المكتسبة في عمليات التطعيم (Vaccination) .

وهناك نوعان من المناعة المكتسبة هما :

١) المناعة الخلطية Humoral immunity : وتحقق بمساعدة الجسم علي إنتاج أجسام مضادة في الدم هي عبارة عن جزيئات من الجلوبين لها القدرة علي مهاجمة الأجسام الغريبة المهاجمة للجسم

٢) المناعة الخلوية Cellular immunity : وتتحقق عن طريق تكوين أعداد كبيرة من الخلايا الليمفاوي المتخصصة والمحفزة ضد الأجسام الغريبة المختلفة وتدميرها .وقد يطلق علي هذا النوع من المناعة إسم مناعة الخلايا الليمفاوية Lymphocytic immunity

وتتكون كل من الأجسام المضادة والخلايا الليمفاوية المحفزة في النسيج الليمفاوي بالجسم Lymphoid tissue . وعموما فللجسم بعض الآليات التي تمكنه من تمييز أي هجوم لأي جسم أوكائن حي غريب.فالمناعة المكتسبة لا تتكون إلا بعد حدوث هجوم من كائن حي أوجسم غريب أو دخول أو تكوين سم داخل الجسم.ويحتوي كل سم أوجسم غريب في تكوينه علي مركبات كيميائية معينة تختلف عن تلك المركبات التي يحتويها أي سم أو جسم غريب آخر . وعموما فتتكون تلك المركبات الكيميائية المميزة للأجسام الغريبة أو السموم المختلفة من بروتينات أو من عديدات تسكر او من الليبوبروتينات وهي المركبات الكيميائية التي تسبب المناعة المكتسبة . وتسمي هذه المركبات بالأنتيجينات Antigens .

ويجب أن تكون للمركبات التي تكون الأنتيجينات وزن جزيئي عالي يبلغ ٨٠٠٠ أو أكثر . ويعتمد تكوين الأنتيجينات علي حدوث تكرار منظم لمجاميع إستبدالية خاصة علي سطح الجزئ الكبير وهو ما يعلل تكون معظم الأنتيجينات من بروتينات أو عديدات تسكر أو ليبوبروتينات وهي مركبات ذات أوزان جزيئية عالية تحتوي علي هذا النوع من التكوين الكيميائي .

وعليه فأي مركبات ذات أوزان جزيئية أقل من ٨٠٠٠ نادرا ما تعمل كأنتيجينات . غير أنه يمكن تكوين مناعة ضد بعض المركبات ذات الأوزان الجزيئية المنخفضة بطريقة خاصة . فإذا إتحدت المواد أو المركبات ذات الأوزان الجزيئية المنخفضة والتي تسمي في هذه الحالة بمولدات الضد الناقصة أو الـ (Haptens) مع مادة الأنتيجين (البروتين مثلا) فإن المركب الجديد المتكون من هذا الإتحاد يولد إستجابة مناعية .ويمكن للأجسام المضادة أو الخلايا الليمفاوية المحفزة التي تكونت ضد المركب الناتج من إتحاد الـ (Hapten) والمادة الأنتيجينية من أن تتفاعل إما ضد البروتين أو ضد الـ (Hapten) . وعليه فيؤدي التعرض لهذا المولد الضدي الناقص الـ (Hapten) للمرة الثانية إلي تفاعل الأجسام المضادة أو الخلايا المحفزة معه قبل أن يتمكن من الإنتشار خلال الجسم ويسبب تأثيراته الهادمة

وعادة ما تكون مولدات الضد الناقصة التي تسبب إستجابات مناعية من هذا النوع مواد دوائية أو مكونات كيميائية صناعية مختلفة أو توكسينات أو سموم ... الخ .

<u>دور الأنسجة الليمفاوية في إحداث المناعة المكتسبة</u> :

إن المناعة المكتسبة ما هي إلا تعبير لنواتج النسيج الليمفاوي بالجسم . فلا يستطيع الفرد ذو النقص الوراثي في النسيج الليمفاوي أو الذي دمرت أنسجته الليمفاوية بواسطة الإشعاع أو بعض المركبات الكيميائية مثلا أن يظهر أي نوع من المناعة المكتسبة بل يموت عند أول إصابة بأي عدوي بكتيرية أو فيروسية . وعليه فالنسيج الليمفاوي هام جدا وأساسي في إحداث المناعة المكتسبة وبالتالي حفظ حياة الحيوان وبقائه .

ويوجد النسيج الليمفاوي أساسا في العقد الليمفاوية بالإضافة إلي وجوده في أنسجة ليمفاوية خاصة في أعضاء محددة مثل الطحال والمناطق التحت مخاطية (submucosal areas) للقناة المعدية المعوية وفي نخاع العظام . ويتوزع النسيج الليمفاوي بطريقة خاصة لكي يتمكن من التفاعل ضد الأجسام الغريبة والسموم قبل إنتشارها في أجزاء الجسم المختلفة . فيوجه النسيج

الليمفاوي للقناة المعدية المعوية أساسا ضد الأجسام الغريبة التي تهاجم القناة الهضمية. ويوجد النسيج الليمفاوي للقصبة الهوائية في المناطق التي تمكنه من مهاجمة الأجسام الغريبة (الأنتيجينات) الداخلة إلي الممرات التنفسية . ويوجه النسيج الليمفاوي للعقد الليمفاوية (Lymph nodes) ضد الأنتيجينات المهاجمة للأنسجة الطرفية في الجسم . وتلعب الأنسجة الليمفاوية للطحال ونخاع العظام دورا هاما في التعامل ضد الأنتيجينات التي قد تنجح في الوصول إلي الدورة الدموية .

أنواع الخلايا الليمفاوية :

يوجد نوعان من الخلايا الليمفاوية التي لها دور أيجابي في إحداث المناعة الخلوية Cellular immunity والمناعة الخلطية (humoral immunity) وهي خلايا (T) وخلايا (B) علي الترتيب . وتنقسم هذه الخلايا إلي تحت مجموعتين رئيستين هما :

١) المجموعة الأولي وهي المسئولة عن تكوين الخلايا الليمفاوية المحفزة (sensitized lymphocytes) وهي الخلايا ذات القدرة علي تكوين المناعة الخلوية (Cellular immunity) .

٢) المجموعة الثانية وهي المسئولة عن تكوين الأجسام المضادة (antibodies) وبالتالي فهي المسئولة عن إحداث المناعة الخلطية (humoral immunity) .

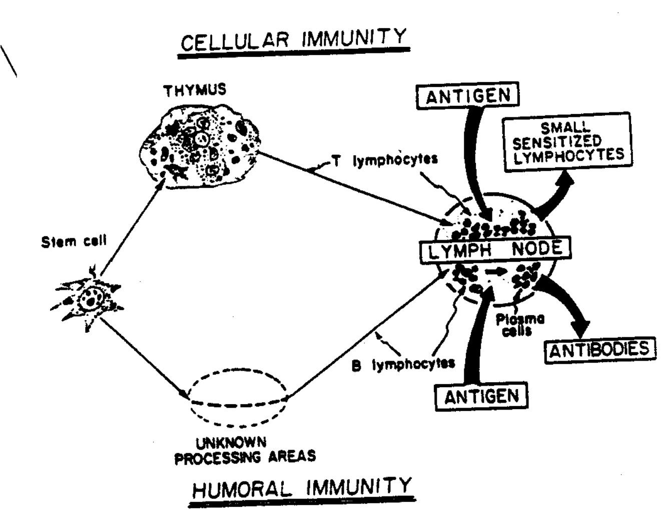
وينشأ كلا النوعين من الخلايا الليمفاوية من الخلايا الجزعية (Stem cells) للجنين حيث تتميز وتتجمع لتكون الخلايا الليمفاوية للنسيج الليمفاوي بعد تميزها بالطرق الآتية :

١) تهاجر الخلايا الليمفاوية التي تتخصص في إنتاج الخلايا الليمفاوية المحفزة أولا إلي الغدة التيموسية (Thymas gland) ولذا سميت بخلايا (T) أو "T" Lymphocytes وتصبح المسئولة عن إنتاج أو تكوين المناعة الخلوية أو الـ (Cellular immubity) .

٢) أما الخلايا الليمفاوية التي ستتخصص في إنتاج الأجسام المضادة فتتكون داخل مناطق غير معروفة في الجسم . وقد تتكون داخل كبد الجنين أو داخل نخاع العظام أو داخل الطبقة المخاطية المعدية المعوية . ولقد تم إكتشافها أولا في الطيور داخل غدة فوق المجمع المعروفة بغدة البيرسا (Bursa of Fabricius) وعليه سميت خلايا (B) الليمفاوية أو الـ "B" Lymphocytes وهي الخلايا المسئولة عن إحداث المناعة الخلطية أو الـ (Humoral immunity) .

ويصور الشكل التالي تكوين الخلايا الليمفاوية المحفزة في العقد الليمفاوية كإستجابة لتأثير الأنتيجينات ومنشأ خلايا (T) التيموسية الليمفاوية Thymic "T"Lymphocytes وخلايا (B) البرسية

الليمفاوية(Bursal "B" Lymphocytes) المسؤلتان عن المناعة الخلوية (Cellular immunity) والمناعة الخلطية (Humoral immunity) .



وعلي الرغم من كون كل الخلايا الليمفاوية في الجسم سواء أكانت خلايا (T) أو خلايا(B) تنشأ من الخلايا الجزعية للجنين فإن الخلايا تكون غير قادرة علي تكوين خلايا ليمفاوية حساسة Sensitised lymphocytes أو خلايا ليمفاوية مكونة للأجسام المضادةAntibody producing B cells بل يجب أن تمر خلايا كلا النوعين بسلسلة من عمليات التطور والتميز في الغدة التيموسية بالنسبة لخلايا (T) أو في مناطق تكوين خلايا (B) بالجسم .

وتحدث معظم عمليات تكوين وتطور خلايا (T) في الغدة التيموسية أثناء المرحلة الجنينية قبل الميلاد بوقت قصير ولفترة قصيرة بعد الميلاد . وعليه فيؤدي إستنصال الغدة التيموسية أثناء هذه الفترة إلي تعطيل جهاز خلايا (T) المناعي . وهو الجهاز اللازم لتكوين المناعة الخلوية . بينما يمنع إستنصال الغدة التيموسية في وقت كافي قبل الميلاد وأثناء الحمل تطور المناعة الخلوية كلية . وطالما كانت المناعة الخلوية هي وحدها المسئولة عن رفض الأعضاءوالأنسجة المزروعة مثل القلب أو الكلي أو الكبد . لذا فيمكن زراعة تلك الأعضاء في الحيوانات بعد نزع الغدة التيموسية للحيوان في وقت كافي قبل ميلاده .

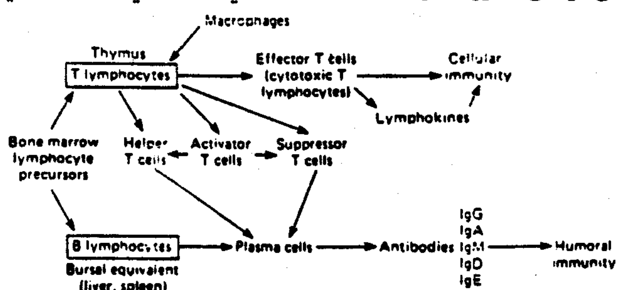
وتفرز الغدة التيموسية هرمون يسمي (Thymopoietin) يعمل علي زيادة نشاط خلايا (T) الليمفاوية التي تركت الغدة التيموسية مهاجرة إلي النسيج الليمفاوي . ويعتقد أن هذا الهرمون يسبب تضاعف وزيادة نشاط تلك الخلايا الليمفاوية . ولا زالت المعلومات الخاصة بطبيعة ووظيفة هذا الهرمون غير متوفرة حتي الآن .

ومن جهة أخري تبدأ خلايا (B) في التطور قبل وقت قصير من نهاية مرحلة النمو الجنيني حيث تصبح تلك الخلايا . بعد تطورها ـ قادرة علي تكوين الأجسام المضادة. ويحدث تطور خلايا (B) في الثدييات في النسيج الليمفاوي لكبد الجنين والنسيج الليمفاوي لنخاع العظام والطبقة المخاطية للقناة المعدية المعوية .

وتسير الخلايا الليمفاوية المتكونة سواء أكانت خلايا (T) أوخلايا (B) في تيار الدم لوقت قصير سرعان ما تدخل بعده إلي النسيج الليمفاوي وعليه فلا تتكون تلك الخلايا أولا في النسيج الليمفاوي بل أنها تنتقل إليه بعد تمام تكوينها إما في لغدة التيموسية أو في كبد الجنين .

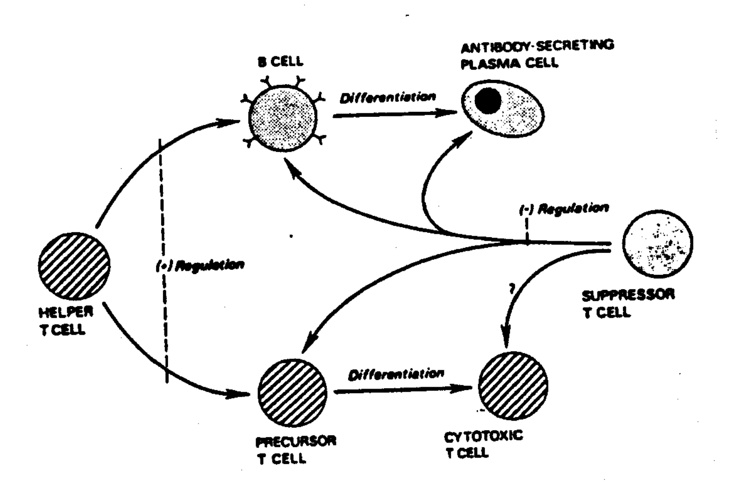
من كل ما تقدم نستطيع أن نلخص أن نظام المناعة المكتسبة في الجسم يتكون من مكونين أساسيين هما المناعة الخلوية Cellular immunity والمناعة الخلطية Humoral immunity ويستجيب كلا النوعين من المناعة لأي بروتين غريب أو أي جسم غريب (antigens) . ويكون جزئ الجاماجلوبيولين المكون للأجسام المضادة في البلازما آلية المناعة الخلطية بينما يمثل إنتاج الخلايا الليمفاوية المناعة الخلوية . وتقي المناعة الخلطية الجسم من أي عدوي بكتيرية بينما تولد المناعة الخلوية تفاعلات الحساسية ورفض زرع أي أنسجة غريبة أو الخلايا السرطانية .

ويمكن توضيح تطور أجهزة المناعة المكتسبة في الجسم في الشكل التالي .



التأثيرات التنظيمية لخلايا (T) الليمفاوية ضمن وظيفة الجهاز المناعي :

تقوم خلايا (T) الليمفاوية المساعدة المعروفة باسم Helper T cells بتنشيط تميز خلايا (B) إلي خلايا البلازما الناضجة المفرزة للأجسام المضادة Mature antibody secreting plasma cells كما تنشط أيضا تحول طلائع خلايا (T) الليمفاوية (precursor T cell) لتصبح خلايا (T) المنتجة للسم الخلوي (Cytotoxic T cells) . ومن جهة أخري يقوم نوع آخر من خلايا (T) الليمفاوية يعرف بخلايا (T) المثبطة (Suppressor T cell) بتثبيط نشاط كل من خلايا البلازما المفرزة للأجسام المضادة وخلايا (T) المنتجة للسم الخلوي بالإضافة إلي تثبيط تحول طلائع خلايا (T) إلي خلايا (T) المنتجة للسم الخلوي . وهو ما يوضحه الشكل التالي :



ولقد سبق أن ذكرنا أنه يمكن للخلايا الليمفاوية في النسيج الليمفاوي من أن تكون خلايا ليمفاوية محفزة(Sensitized lymphocytes) وأجسام مضادة (Antibodies) والتي يمكنها أن تتفاعل ضد نوع معين من الأجسام الغريبة المهاجمة (أنتيجين) .ويعتقد أن يتم هذا التأثير بإحدي الطرق التالية :

١) **تحديد نوع الخلية الحساسة أو الأجسام المضادة :**

يبدأ تكوين خلايا ليمفاوية محفزة أو أجسام مضادة متخصصة لنوع معين من الأنتيجينات المهاجمة وذلك بتنشيط الخلايا الليمفاوية نتيجة لدخول الأنتيجين . فإذا كان من الضروري

تكوين أكثر من نوع واحد من الخلايا الليمفاوية المحفزة أو الأجسام المضادة فإنه يلزم في هذه الحالة تنبيه مجموعة معينة من الخلايا الليمفاوية لكل نوع من الأنتيجينات المهاجمة . ولما كان من المعروف أنه يمكن للخلايا الليمفاوية الطليعية في العقد الليمفاوية تكوين من ١٠ : ١٠٠ ألف نوع من الخلايا الليمفاوية المحفزة أو الأجسام المضادة كل منها متخصص ضد نوع معين من الأنتيجينات فإنه أصبح من الضروري أن يكون هناك عدد مكافئ لذلك العدد من الخلايا الليمفاوية الطليعية في العقد الليمفاوية لتكوين أنواع عديدة من الخلايا الليمفاوية المحفزة أو الأجسام المضادة . ويسمي كل نوع من الخلايا الليمفاوية في النسيج الليمفاوي والذي يمكن أن يكون نوع واحد من الخلايا الليمفاوية المحفزة أو الأجسام المضادة بإسم مجموعة الخلايا الليمفاوية أو الـ Clone of lymphocyte .

٢) <u>نشأة مجاميع Clones الخلايا الليمفاوية العديدة</u> :

ولا يعرف علي وجه التحديد الطريقة التي يتم بها تكوين كل مجموعة من مجاميع الخلايا الليمفاوية . غير أنه يوجد نظريتين رئيسيتين تتناول تحديد مصدر تلك المجاميع من الخلايا :

وتفترض النظرية الأولي تحدد كل مجموعة من تلك المجاميع وراثيا نتيجة لوجود عامل وراثي خاص لكل منها . وتفترض هذه النظرية أيضا أنه يتم تنشيط جينات أو عوامل وراثية معينة لكل مجموعة من مجاميع الخلايا الليمفاوية في الغدة التيموسية . حيث يتم تكوين خلايا (T) الليمفاوية . وفي مناطق تكوين خلايا (B) . ويمكن لتلك العوامل تحديد أو تمييز الخلايا الجزعية الخاصة بكل نوع من أنواع الخلايا الليمفاوية المحفزة ولكل جسم مضاد .

أما النظرية الثانية فتفترض تميزخلايا(T)الليمفاوية في الغدة التيموسية لأي مجموعة من مجاميع الخلايا المحفزةة أو تميز خلايا (B) الليمفاوية في مناطق تكوينها لأي نوع من الأجسام المضادة بطريقة عشوائية

٣) <u>إستثارة Excitation مجموعة الخلايا الليمفاوية</u> :

يكون كل مجموعة من الخلايا الليمفاوية مسئولا عن نوع واحد من الأنتيجين أو مجموعة من الأنتيجينات تتميز بصفات كيميائية تركيبية واحدة أو متقاربة , وعندما يتم إستثارة مجموعة الخلايا الليمفاوية بواسطة الأنتيجين الخاص بها يتم تضاعف كل خلايا المجموعة بطريقة جنونية

مكونة أعداد كبيرة من الخلايا التي تقوم بإنتاج كميات كبيرة من الأجسام المضادة إذا كانت مجموعة الخلايا المستثارة عبارة عن خلايا (B) أو تكوين أعداد كبيرة من الخلايا الليمفاوية المحفزة إذا كانت مجموعة الخلايا المستثارة عبارة عن خلايا (T) الليمفاوية .ويتزايد خلال ذلك أعداد الخلايا الليمفاوية داخل النسيج الليمفاوي بطريقة واضحة .

دور الخلايا الأكولة Macrophages في تنبه مجاميع Clones الخلايا الليمفاوية :

بالإضافة إلي خلايا الليمفوسيت التي تدخل النسيج الليمفاوي تدخل أيضا بعض الخلايا وحيدة النواة (Monocytes) حيث تنتفخ (Swell) لتكون نسيج من الخلايا الأكولة (Macrophages) يسمي الخلايا الشبكية (Reticulum cells) حيث تحيط تلك الخلايا بجيوب العقد الليمفاوية والطحال وباقي الأنسجة الليمفاوية الأخري . وتقع تلك الخلايا مجاورة للخلايا الليمفاوية للعقد الليمفاوية . وتلتهم الخلايا الأكولة معظم الأجسام الغريبة . ويعتقد أن تمر معظم الأجسام الغريبة (الأنتيجينات) من الخلايا الأكولة إلي الخلايا الليمفاوية لتنبه مجاميع الخلايا الليمفاوية

ويؤدي إستثارة خلايا (T) الليمفاوية . علي ما يبدو - إلي إستثارة خلايا (B) الليمفاوية . وعليه فتتكون خلايا ليمفاوية محفزة وأجسام مضادة خاصة بالجسم الغريب (الأنتيجين) في وقت واحد. وبذا يكون هناك نوع من التعاون بين كل من خلايا (T) المحفزة وخلايا (B) الليمفاويتين والمكونتين للمناعة المكتسبة في جسم الكائن الحي .

إحتمال جهاز المناعة المكتسبة لأنسجة الفرد نفسه :

من الطبيعي أنه إذا كان للفرد مناعة ضد أنسجته شخصيا فإن عملية المناعة المكتسبة سوف تحطم الكائن الحي نفسه . غير أنه من حسن الحظ فإن آلية المناعة في الجسم تستطيع أن تميز أنسجة الفرد عن أي أنسجة أو أجسام غريبة عنه قد تدخل الجسم . ويكون الجهاز المناعي أجسام مضادة قليلة أو خلايا ليمفاوية حساسة قليلة ضد أنتيجينات الجسم نفسه . وتسمي هذه الظاهرة بإحتمال أنسجة الجسم أو الـ Tolerance to body's own tissues .

ويعتقد أن تتم آلية إحتمال جهاز المناعة لأنسجة الجسم أثناء عملية تكوين خلايا (T) الليمفاوية داخل الغدة التيموسية وأثناء عملية تكوين خلايا (B) الليمفاوية في أماكن تكوينها

.ويرجع ذلك الإعتقاد إلي كون حقن أنتيجين قوي داخل الجنين عند تكوين الخلايا (T) أو (B)الليمفاوية يؤدي إلي منع تكوين مجاميع الخلايا الليمفاوية الخاصة بهذا الأنتيجين المحقون في الأنسجة الليمفاوية . وعليه فيعتقد أنه يتم تدمير خلايا الليمفوسيت في الغدة التيموسية وخلايا (B) الليمفاوية والتي تختص بأنسجة الجسم ذاتيا أثناء عملية تكوينها نتيجة لإستمرار تعرضها لأنتيجينات الجسم نفسه .

وقد يفقد بعض الأفراد قدرة جهازه المناعي علي إحتمال أنسجة الفرد نفسه . ويحدث ذلك نتيجة تحطيم (destruction) بعض أنسجة الجسم والتي تفرز كميات كبيرة جدا من الأنتيجينات تيسر مع تيار الدم في الدورة الدموية مسببة مناعة مكتسبة إما علي صورة خلايا ليمفاوية حساسة أو علي صورة أجسام مضادة . وقد ترتبط هذه الأنتيجينات المتكونة ببروتينات أخري مثل البروتينات الناتجة من البكتيريا أو الفيروسات لتكون نوع آخر من الأنتيجينات التي تكون نوع من المناعة . وتهاجم الخلايا الليمفاوية الحساسة والأجسام المضادة المتكونة أنسجة الجسم نفسه .

<u>تكوين الأجسام المضادة بواسطة خلايا البلازما</u> :

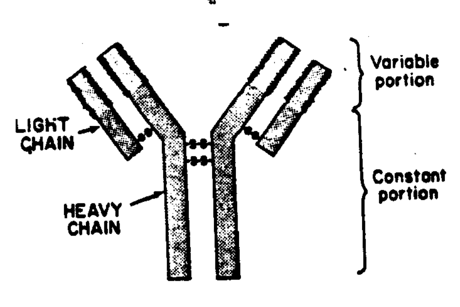
تظل مجاميع Clones خلايا (B) ساكنة أو خاملة داخل النسيج الليمفاوي قبل التعرض لأي نوع من الأنتيجينات . بيد أنه عند دخول أي أنتيجين (جسم غريب) فإن الخلايا الأكولة للنسيج الليمفاوي تقوم بإلتهام ذلك الجسم الغريب وتقديمه إلي الخلايا الليمفاوية المجاورة . تتمدد تلك الخلايا وتأخذ مظهر الخلايا المولدة لليمف (Lymphoblast) . ويتم تميز بعض تلك الخلايا مكونة خلايا البلازما الأولية (Plasmablasts) والتي تعتبر طلائع خلايا البلازما . يتمدد سيتوبلازم تلك الخلايا وتتضاعف الشبكة الإندوبلازمية (Endoplasmic reticulum) ثم تبدأ تلك الخلايا في الإنقسام بمعدل إنقسام كل ١٠ ساعات حيث تعطي كل خلية بلازمية إبتدائية حوالي ٥٠٠ خلية خلال أربعة أيام . تبدأ بعد ذلك خلايا البلازما الناضجة إنتاج أجسام مضادة من الجاما جلوبيولين بمعدل سريع جدا حيث تكون كل خلية بلازمية حوالي ٢٠٠٠ جزيئ من الجاما جلوبيولين في الدقيقة الواحدة . تفرز الأجسام المضادة في الليمف حيث تنتقل إلي الدورة الدموية . وتستمر هذه العملية عدة أيام أو أسابيع حتي تموت خلايا البلازما .

تكوين خلايا (B) المستظهرة Memory (B) cells :

لا تكون بعض الخلايا الليمفاوية الأولية (Lymphoblast) المتكونة نتيجة تنشيط مجاميع خلايا (B) الليمفاوية خلايا البلازما بل تكون بدلا من ذلك أعداد متوسطة من خلايا (B) الليمفاوية الجديدة والمشابهة للخلايا الأصلية التي نشأت منها . أي تتضاعف المجاميع المنشطة من خلايا (B) الليمفاوية في العدد بشكل كبير وتبقي ساكنة في النسيج الليمفاوي حتي يتم تنشيطها مرة أخري بكمية جديدة من نفس الأنتيجين . وتسمي هذه الخلايا بخلايا (B) المستظهرة Memory "B" cells ويسبب التعرض مرة ثانية لنفس الأنتيجين إستجابة مناعية أكثر فاعلية . وتسمي الإستجابة المناعية الناتجة من التعرض لأنتيجين ما لأول مرة بالإستجابة الأولية (Primary response) بينما تسمي الإستجابة المناعية الناتجة من التعرض لنفس الأنتيجين لثاني مرة بالإستجابة الثانوية (Secondary response) وتتميز الإستجابة الثانوية بكونها سريعة وفعالة إذا ما قورنت بالإستجابة الأولي . وتفسر زيادة فعالية الإستجابات المناعية بتكرار التعرض لنفس الأنتيجين فكرة التطعيم بحقن الأنتيجين بجرعات عديدة علي فترات عدة أسابيع أو عدة أشهر بين كل جرعة وأخري .

طبيعة الأجسام المضادة :

تتكون الأجسام المضادة من الجاما جلوبيولينات (Gamma globulines) والتي تسمي بالجلوبيولينات المناعية (Immuno globulines) . ذات الأوزان الجزيئية التي تتراوح ما بين ١٥٠٫٠٠٠ إلي ٩٠٠٫٠٠٠ . وتتكون الجلوبيولينات المناعية من إتحاد سلاسل عديدة الببتيد الخفيفة والثقيلة (Light and heavy polypeptide chans) . غير أن أغلبها يتكون من سلسلتين خفيفتين وسلسلة ثقيلة . وهو ما يوضحه الشكل التالي :



وقد تتكون بعض الجلوبيولينات المناعية من أكثر من سلسلتين خفيفتين وسلسلتين ثقيلتين حيث يكون لها أوزان جزيئية كبيرة جدا . وفي كل الجلوبيولينات المناعية. تتوازي كل سلسلة ثقيلة مع سلسلة خفيفة عند إحدي نهايتيها مكونه زوج من السلاسل الثقيلة الخفيفة (Heavy-Light pair) حيث يوجد في العادة زوجين من تلك السلاسل علي الأقل في جزيئ الجلوبيولين المناعي .

ويتكون نهاية كل جزيئ من الجلوبيولين المناعي . كما هو مبين في الشكل السابق . من جزء متغير (Variable portion) وجزء ثابت (Constant portion) ويمثل الجزء المتغير الجزء من الجسم المضاد المتخصص ضد أنتيجين معين . حيث يعطي الجسم المضاد المقدرة التخصصة للإرتباط بشكل متخصص بنوع معين من الأنتيجين بينما يحدد الجزء الثابت الصفات الكيميائية والطبيعية العامة للجسم المضاد مثل حركة الجسم المضاد داخل الأنسجة والتصاقة بتراكيب معينة داخل تلك الأنسجة وسهولة مروره خلال الأغشية وغيرها من الصفات البيولوجية للجسم المضاد .

<u>تخصص الجسم المضاد</u> :

لكل جسم مضاد متخصص ضد أنتيجين معين ترتيب خاص للأحماض الأمينية الموجودة في الأجزاء المختلفة من كلا السلسلتين الخفيفة والثقيلة . حيث أن لكل منها شكل معين لكل أنتيجين خاص . وعليه فإنه عندما يصبح الأنتيجين متصلا بالجسم المضاد فإن الأجزاء الستبدالية للأنتيجين أو الـ(Prothetic radicals) تتوافق ـ كصورة في المرآة ـ مع تلك الخاصة بالجسم المضاد بحيث تسمح بالإرتباط السريع والمحكم بين الأنتيجين والجسم المضاد الخاص به . ويعطي الجزء الثابت من الجسم المضاد مكان الإرتباط بين الجسم المضاد والخلايا أو الأنسجة الأخري . كما يوفر الطريقة التي يمكن للجسم المضاد عن طريقها من الإرتباط بأي مواد كيميائية أخري . ولكل جسم مضاد مكانين للإرتباط (sites) بالأنتيجينات. وعليه فتكون معظم الأجسام المضادة ثنائية التكافؤ (bivalent) غير أن لبعض الأجسام المضادة ذات الأوزان الجزيئية العالية أكثر من مكانين للتفاعل .

<u>أنواع الأجسام المضادة</u> :

يوجد خمسة أقسام من الأجسام المضادة هي : IgM, IgG, IgA , IgD , IgE ويقصد بالـ(Ig) الجلوبيولين المناعي (Immuno globulin) أما الحرف الموجود بجواره فيرمز إلي قسم الجسم

المضاد . ويوجد قسمان من الأجسام المضادة أكثر أهمية وهي : IgG الذي يكون حوالي ٧٥٪ من الأجسام المضادة في الشخص الطبيعي من الإنسان والـ IgE الذي. علي الرغم من كونه يمثل جزء صغير من أقسام الأجسام المضادة إلا أن له دور هام في الحساسية .

<u>آليـات تأثير الأجسام المضـادة</u> :

تعمل الأجسام المضادة بطرق مختلفة لحماية الجسم من العوامل المهاجمة له وهي :

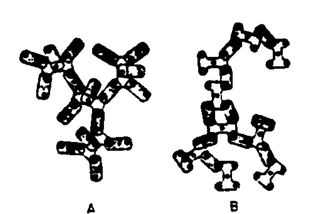
١) مهاجمة الجسم الغريب المهاجم (الأنتيجين) بطريقة مباشرة .

٢) تنشيط نظام مكمل يقوم بتحطيم الجسم الغريب المهاجم .

٣) تنشيط نظام خاص لتغيير البيئة المحيطة بالجسم الغريب المهاجم وبالتالي يفقده حيويته .

<u>أولا</u> : <u>التأثير المباشر للجسم المضاد علي الأنتيجين</u> :

يوضح الشكل التالي طريقة تفاعل الأجسام المضادة (المرسومة علي شكل قضبان) مع الأنتيجينات (حديد الرياضة المسمي dumbblls) .



ويمكن للأجسام المضادة من إبطال مفعول الأجسام المهاجمة بإحدي الطرق الآتية :

١) الإلتصاق (Agglutination) حيث ترتبط العديد من الأنتيجينات في مجموعات (clumps) .

٢) الترسيب (Preccipitation) حيث يتم ترسيب المواد الذائبة الفعالة للأنتيجين .

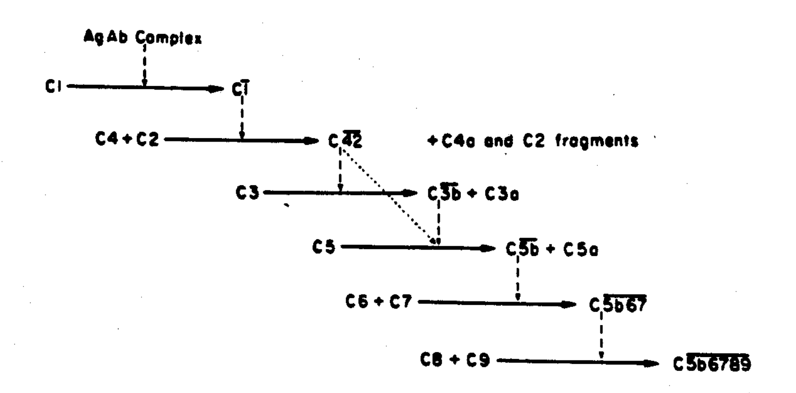
٣) إبطال مفعول السموم Neutralization حيث يقوم الجسم المضاد بتغطية الأجزاء السامة للأنتيجين .

٤) التحلل (Lysis) حيث يكون لبعض الأجسام المضادة القدرة علي تحلل الغشاء الخلوي للأنتجين وبالتالي تنفجر خلية الأنتيجين .

ولا تكون التأثيرات المباشرة للأجسام المضادة المهاجمة للأنتيجينات . في معظم الحالات وتحت الظروف الطبيعية , قوية بدرجة كافية تجعلها ذات دور فعال في حماية الجسم من الأجسام الغريبة المهاجمة بل تتحقق معظم الحماية من خلال تنظيم تأثيرات الأنظمة المكملة لتأثيرات الأجسام المضادة .

ثانيا : النظام المكمل لتأثير الأجسام المضادة :

يتكون هذا النظام من ٩ طلائع إنزيمات مختلفة تعطي الأرقام من (C-1) إلي (C-9) بالإضافة إلي العديد من المركبات المرتبطة الأخري (associated substances) والتي توجد طبيعيا في البلازما وباقي سوائل الجسم. غير أن هذه الإنزيمات تكون غير نشطة . ويصبح مكان التفاعل (reactive site) في الجزء الثابت (constant portion) من الجسم المضاد نشطا بعد إرتباط الجسم المضاد بالأنتيجين . وينشأ نتيجة لذلك تدفق (cascad) سلسلة من التفاعلات المتتابعة في النظام المكمل نبينها في الشكل التالي .



من هذا الشكل يتضح أنه يلزم إتحاد كمية صغيرة من الأنتيجين مع الجسم المضاد لتنشيط طلائع الأنزيم لتفاعل المرحلة الأولي . حيث يستتبع ذلك تكوين الإنزيمات في تتابع سلسلة التفاعلات لتزيد من كمية الإنزيمات المتكونة كلما تقدمت مرحلة التفاعل . تهاجم الإنزيمات النشطة بعد ذلك الأجسام الغريبة المهاجمة (الأنتيجينات) بطرق عددة مختلفة بالإضافة

إلي تنشيط تفاعلات خاصة في الأنسجة المحيطة تعطي نوع من الحماية ضد تحطيمها من الجسم الغريب . وفيما يلي بعض التأثيرات التي تحدث في هذه الحالة .

١) التحلل (Lysis) : تهضم الإنزيمات المحللة في النظام المكمل جزء من غشاء خلية الجسم الغريب المهاجم مثل البكتيريا وبعض الخلايا المهاجمة الأخري فتنفجر خليته .

٢) التهام البكتيريا المهاجمة (Opsonization and phagocytosis) : تهاجم إنزيمات النظام المكمل سطح الخلايا البكتيرية والأنتيجينات الأخري بطريقة تجعلها قابلة للإلتهام بواسطة الكرات الدموية البيضاء المتعادلة (Neutrophils) وخلايا النسيج الأكول (tissue macrophages) وتسمي هذ العملية بالـ Opsonization وتساعد هذه العملية علي زيادة عدد البكتيريا التي يمكن تدميرها إلي مئات المرات .

٣) المجاوبة الكيميائية Chemotaxis : يسبب نواتج النظام المكمل ما يسمي بالمجاوبة الكيميائية لكل من كرات الدم البيضاء المتعادلة والخلايا الأكولة . وعليه تزيد من عدد الخلايا الأكولة في المنطقة التي تم مهاجمتها بالأنتيجينات الغريبة .

٤) الإلتصاق Agglutination : تغير إنزيمات النظام المكمل من طبيعة أسطح بعض الأنتيجينات بطريقة تجعلها تلتصق (adhere) ببعضها مكونة كتلة منها .

٥) إبطال مفعول السموم الفيروسية Neutralization of viruses : كثيرا ما تهاجم إنزيمات النظام المكمل التركيب الجزيئي للفيروسات وتجعلها غير سامة .

٦) التأثيرات الإلتهابية Inflammatory effects :تحدث نواتج النظام المكمل بعض التفاعلات الإلتهابية مثل هياج الدم (hyperemia) وتجمع البروتينات (coagulation) في الأنسجة وبعض النواحي الأخري المسببة للإلتهاب .وبالتالي تمنع حركة الأجسام المهاجمة خلال النسيج المهاجم .

ثالثا : تنشيط الأجسام المضادة لنظام خاص بتغير البيئة المحيطة بالأنتيجين المهاجم :

يرتبط بعض الأجسام المضادة وعلي الأخص (IgE) بأغشية الخلايا في الأنسجة والدم مثل الخلايا الصارية (Mast cells) في الأنسجة المحيطة بالأوعية الدموية والخلايا البيضاء القاعدية (basophils) في الدورة الدموية. وعند تفاعل الأنتيجين مع جزيئ من الجسم المضاد المرتبط بهذه الخلايا تنتفخ تلك الخلايا مع خروج أعداد كبيرة من العوامل التي تؤثر علي البيئة المحيطة وتشمل تلك العوامل :

١) الهستامين Histamin : الذي يسبب تمدد الأوعية الدموية المحلية وزيادة نفاذية جدرها .

٢) تكوين مادة Slow-reacting substance of anaphylaxis :التي تحدث إنقباض طويل الأمد لأنواع معينة من العضلات مثل عضلات الشعب الهوائية .

٣) تكوين المجاوبة الكيميائية Chemotactic factor :الذي يسبب المجاوبة الكيميائية لكل من الخلايا البيضاء المتعادلة والخلايا الأكولة في منطقة تفاعل الأنتيجين مع الأجسام المضادة.ما يسبب هذا التفاعل المجاوبة الكيميائية للخلايا المحبة للإصطباغ بالإيوسين (Eosinophils) في منطقة التفاعل . ويعتقد أن لتلك الخلايا دورا هاما في إلتهام نواتج تفاعلات الأنتيجين مع الأجسام المضادة .

٤) أنزيمات الليزوسوم Lusosome enzymes : التي تسبب أو تظهر تفاعلات الإلتهاب محليا .

وقد يكون لكل التفاعلات السابقة والمسببة لتغير البيئة المحيطة بالأنتيجين المهاجم أضرار بالغة للجسم حيث تسبب تفاعلات حساسية ضارة والتي سيتم مناقشتها فيما بعد .

خروج خلايا الليمفوسيت المحفزة من النسيج الليمفاوي وتكوين الخلايا المستظهرة Memory cells :

تخرج خلايا الليمفوسيت المحفزة (sensitized lymphocytes) من النسيج الليمفاوي عند التعرض لأنتيجينات خاصة . ويكون خروجها موازيا لإفراز وتكوين الجسم المضاد . تسير تلك الخلايا في الدورة الدموية بعد أن تنتقل إليها من الليمف حيث تظل بضعة دقائق إلي بضعة ساعات بعدها يتم ترشيحها خارج الدورة الدموية داخل جميع الأنسجة .

وتكوين خلايا الليمفوسيت المستظهرة (lymphocyte memory cells) بنفس الطريقة حيث يتم تكوين تلك الخلايا في الجهاز المناعة الخلطي للأجسام المضادة (humoral antibody system) . وعند تنشيط خلايا (T) الليمفاوية بواسطة الأنتيجين يتكون أعداد إضافية من خلايا (T) من نفس المجموعة (clone) وتظل داخل النسيج الليمفاوي . وبذا يتم زيادة أعداد هذا النوع من خلايا (T) الليمفاوية . وعليه فإنه عند إعادة التعرض لنفس الأنتجين مرة أخري تخرج أعداد من خلايا (T) الليمفاوية بمعدل أسرع وبفاعلية أكثر مماهو حادث عند التعرض لهذا الأنتيجين للمرة الأولي .

ميكانيكية إكتساب الحساسية لخلايا (T) الليمفاوية :

يعتقد أن خلايا (T) تكتسب الحساسية ضد نوع معين من الأنتيجين أو الأنتيجينات بتكوين نوع معين من الجسم المضاد علي سطحها .ويتكون هذا الجسم المضاد من وحدة متغيرة variable unit مشابه للجزء المتغير للجسم المضاد في جهاز المناعة الخلطية .

إستمرار المناعة الخلوية Persistance of cellular immunity :

تعتبر إستمرار المناعة الخلويـة مـن أهـم الإختلافـات بينهـا وبـين المناعـة الخلطيـة . حيـث نادرا ما تستمر المناعة الخلطية لأكثر مـن عـدة أشـهر أو عـدة سـنين علي أقصـي تقدير . ومـن جهـة أخري . فإن للخلايا (T)الليمفاوية المحفزة القدرة علي البقاء لمدد غير محـددة حيـث تبقـي لمـدد طويلة إلي أن تصبح في مواجهة الأنتيجين الخاص بها .وعليه فيعتقد أن لتلك الخلايا القـدرة علـي البقاء لمدد قد تصل إلي عشرة سنوات في بعض الحالات. مما تجعلنا نقول أن المناعة الخلوية أكثر إستمرارا ومثابرة من المناعة الخلطية

أنواع الكائنات المقاومة لخلايا الليمفوسيت المحفزة :

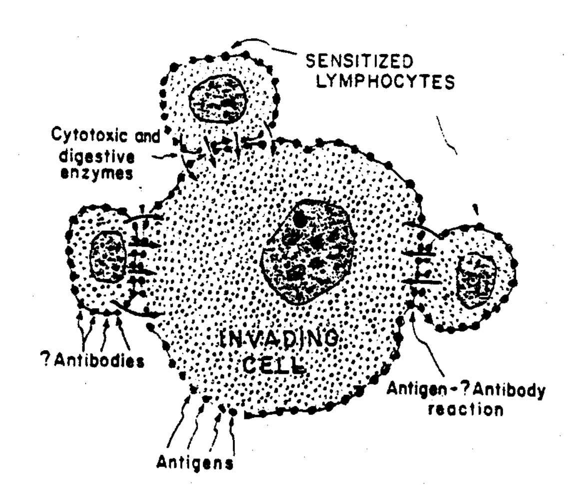
علي الرغم مـن أن ميكانيكيـة المناعـة لتكويـن الأجسـام المضـادة تكـون أكـثر فاعليـة ضـد الأمراض البكتيريـة الحـادة . فإن المناعـة الخلويـة تنشـط بطريقـة أكـثر فاعليـة في حالـة الإصابـة بالأمراض البكتيرية المزمنة مثل السل . وتكون المناعة الخلوية فعالة في حـالات الخلايـا السـرطانية وخلايا الأعضاء المنقولة والفطريـات وكلها ذات حجم أكـبر مـن البكتيريـا. وأكـثر فعاليـة ضـد بعـض الفيروسـات . وعليـه فالمناعـة الخلويـة ذات أهميـة أكـبر في حمايـة الجسـم ضـد بعـض الأمـراض الفيروسية وفي إتلاف وتدمير الخلايا السرطانية المتكونة قبل أن تتمكن من إحداث السرطان وكذا في رفض الأنسجة المزروعة من شخص إلي آخر .

ميكانيكية تأثير خلايا الليمفوسيت المحفزة :

ترتبط خلايا الليمفوسيت المحفزة بالأنتيجين عندما تكون قريبة منه ويؤدي هذا الإرتبـاط إلي سلسلة من التفاعلات المتتابعة تؤدي إلي تدمير الكائنات المهاجمـة (الأنتيجينات) إمـا بطريقـة مباشرة أو بطريقة غير مباشرة :

١) الطريقة المباشرة لتدمير الأجسام المهاجمة بواسطة خلايا الليمفوسيت المحفزة :

يبين الشكل التـالي خليـة الليمفوسـيت الحساسـة المرتبطـة بالأنتيجينـات الموجـودة علـي غشاء الخلايا الغريبة المهاجمة (invading cell) مثـل الخلايـا السـرطانية (cancer cell) أو خلايـا القلب المزروع (heart transplant cell) أو الخلايا الطفيلية (Parasitic cell) .



تبدأ خلية الليمفوسيت المحفزة في الإنتفاخ وإفراز مواد خلوية سامة (cytotoxic substances) لمهاجمة الخلية الغريبة . وتتكون المواد الخلوية السامة أساسا من إنزيمات الليزوزومية (lysosomal enzymes) التي يتم تكوينها في خلايا الليمفوسيت . غير أن هذا التأثير المباشر لتدمير الأجسام الغريبة يكون ضعيفا نسبيا إذا ما قورن بالتأثيرات الغير مباشرة .

٢) <u>الآليات الغير مباشرة للمناعة الخلوية</u> :

تبدأ خلايا الليمفوسيت المحفزة في إفراز عدد من المواد المختلفة داخل الأنسجة المحيطة فور إرتباط تلك الخلايا بالأنتيجينات الخاصة بها . ويؤدي ذلك إلي إحداث سلسلة من التفاعلات والتي نذكر منها ما يلي :

١) <u>إفراز عامل محول</u> Transfer factor :

تفرز خلايا الليمفوسيت المحفزة مادة عديدة الببتيد ذات وزن جزيئي ما بين ٢٠٠٠:٨٠٠٠ تسمي بالعامل المحول . يتفاعل هذا العامل مع خلايا ليمفوسيت أخري صغيرة في النسيج غير محفزة حيث يحولها إلي خلايا حساسة تستطيع معع الخلايا الليمفاوية المحفزة الأصلية مهاجمة الجسم الغريب. وبذا يتم تعظيم (Amplifying) تأثير خلايا الليمفوسيت المحفزة .

٢) إستقطاب Attraction وتنشيط Activation الخلايا الأكولة Macrophages .

تفرز خلايا الليمفوسيت المحفزة عامل آخر يسمي Macrophage chemotactic factor أي عامل المجاوبة الكيميائية للخلايا الأكولة الذي يسبب إقتراب العديد من الخلايا الأكولة (حوالي ١٠٠) من خلايا الليمفوسيت المحفزة . عندئذ يبدأ إنتاج عامل آخر يسمي Migration inhibiting factor أي العامل المثبط للهجرة . الذي يقوم بإيقاف هجرة المزيد من الخلايا الأكولة والإقتراب من خلايا الليمفوسيت المحفزة . وعليه فيمكن لكل خلية ليمفوسيت محفزة من جمع ما يقرب من ألف خلية أكولة حولها . وفي النهاية تتكون مادة أخري تزيد من النشاط الأكولي phagocytic activity للخلايا الأكولة . وتلعب الخلايا الأكولة دورا رئيسيا في التخلص من الأجسام الغريبة المهاجمة .

وعليه يتم تدمير أي أجسام غريبة نتيجة للتأثيرت المشتركة بين التأثيرات المباشرة لخلايا الليمفوسيت المحفزة (الضعيفة) والتأثيرات القوية الغير مباشرة التي يحدثها نظام المناعة الخلوية .

التطعيم Vaccination

يستعمل التطعيم لإحداث نوع من المناعة المكتسبة Acquired immunity ضد أمراض معينة ويتم التطعيم بإحدي الطرق الآتية :

١) حقن ميكروب المرض بعد إضعافه أو موته بحيث لا يصبح قادرا علي إحداث المرض غير أنه يتمتع بإحتوائه علي الصفات الكيميائية للأنتيجين الخاص به . ويستعمل هذا النوع من التطعيم في الإنسان للوقاية من أمراض التيفويد والدفثيريا والسعال الديكي ... وغيرها .

٢) إحداث المناعة ضد السموم Toxins بنفس الطريقة وبعد القيام بإبطال التأثير السام عن طريق المعاملة الكيماوية كما هو الحادث في حالة التسمم البتيوليني والتيتانوسي .

٣) وقد يتم التطعيم بحقن الفرد بواسطة الميكروب بعد إضعافه إما بواسطة تربيته علي بيئات خاصة أو بتمريره خلال مجموعة من الحيوانات للعمل علي تكاثره بطريقة تجعله بعدها غير قادر علي إحداث المرض ولكنه يبقي حاملا للأنتيجينات الخاصة به . ويستعمل هذه الطريقة في الوقاية أو إحداث المناعة ضد مرض شلل الأطفال Poliomylitis والحمي الصفراء Yellow fever والحصبة Measeles وغيرها من الأمراض .

المناعـة السلبية Passive immunity :

تمثل المناعة المكتسبة السابق شرحها مناعة إيجابية Active immunity وفيها يقوم الفرد بإنتاج إما أجسام مضادة أو خلايا ليمفوسيت محفزة كإستجابه لمهاجمة أي جسم غريب أو أنتيجين . غير أنه يمكن إحداث مناعة مؤقتة لأي فرد دون حقنه بأي نوع من الأنتيجين وذلك عن طريق حقنه بأجسام مضادة أو خلايا ليمفوسيت محفزة أو الإثنين معا وذلك من فرد آخر أو حيوان تم تطعيمه ضد هذا المرض أو الأنتيجين . ويسمي هذا النوع من المناعة بالمناعة السلبية Passive immunity .

الإنترفيرون كنوع آخر من المناعة المكتسبة

لقد تم - حديثا - إكتشاف نوع آخر من المناعة المكتسبة وهي المناعة عن طريق الإنترفيرون . وتعتبرالمعلوماتت المتوفرة عن أهميتها المحتمله في الوقاية ضد بعض الأمراض ناقصة . ويتلخص هذا النظام من المناعة فيما يلي :

تكون خلايا الجسم عند مهاجمة الفيروسات لها مواد خاصة تسمي الإنترفيرونات Interferons يمكنها إبطال نشاط الفيروس المهاجم . وتمنع الإنترفيرونات الريبوسومات من نسخ (replication) الأحماض النووية الـ DNA والـ RNA الخاص بالفيروس . وعليه تثبط الإنترفيرونات تأثيرات الفيروس المدمرة . وتفرز الإنترفيرونات من الخلايا المعدية Infected cells ثم تنتقل بواسطة سوائل الجسم إلي خلايا خاصة تقوم بمنع تكوين الرسائل الفيروسية . وعليه فيؤدي إصابة بعض خلايا الجسم بالفيروس إلي حماية بعض الخلايا الأخري في الجسم من الإصابة بهذا الفيروس .

ولم يعد معلوما حتي الآن ما إذا كان لهذا النوع من المناعة أهمية في نظام المناعة المكتسبة في الجسم . غير أنه من المعلوم أنه تستمر أعراض الإصابة بفيروس الأنفلونزا فترة من الوقت إلي أن تتكون في الجسم كمية كافية من الإنترفيرونات التي تقوم بإكساب الخلايا الأخري المناعة المؤقتة .

الحســــاسية Allergy

تعتبر الحساسية إحدي التأثيرات الجانبية لحدوث المناعة تحت ظروف خاصة . ويوجد ـ علي الأقل ـ ثلاثة أنواع من الحساسية . إثنان منهما يمكن حدوثهما في أي فرد ونوع واحد يحدث في الأفراد الذين لديهم ميل أو إستعداد للحساسية .

أولا : الحساسية التي تحدث في الأفراد الطبيعية :

١) تفاعل الحساسية المتأخر Delayed - Reaction Allergy :

ويحدث هذا النوع من الحساسية الطفح الجلدي كإستجابة لأنواع معينة من العقاقير الدوائية أو المركبات الكيميائية مثل مستحضرات التجميل والكيماويات المنزلية التي قد يتعرض الجلد لها . وقد يحدث هذا النوع من الحساسية نتيجة للتعرض لنبات اللبلاب السام Poison ivy .

ويحدث هذا النوع من الحساسية عن طريق خلايا الليمفوسيت المحفزة وليس بواسطة الأجسام المضادة . ففي حالة التعرض لنبات اللبلاب السام مثلا فإن سم هذا النبات نفسه لا يحدث أي نوع من الأذي للأنسجة المعرضة له . غير أنه عند تكرار التعرض لهذا السم فإنه تتكون خلايا ليمفوسيت محفزة . وعليه عند تتابع التعرض لهذا السم خلال أيام فإن خلايا الليمفوسيت المحفزة المتكونة بكميات كافية تنفذ خلال الجلد لتتحد مع توكسين اللبلاب السام محدثة نوع خاص من تفاعل المناعة الخلوية . ويسبب هذا النوع من المناعة الخلوية إفراز العديد من المركبات السامة من خلايا الليمفوسيت المحفزة بالإضافة إلي هجوم مكثف للأنسجة من الخلايا الأكولة مما يعطي دلالة قوية بمدي خطورة هذا النوع من الحساسية في تدمير أنسجة الجسم .

٢) الحساسية الناتجة من التفاعل بين الأجسام المناعية المكونة من الجلوبين المناعي (IgG) والأنتيجنات:

عندما يكتسب الفرد مناعة عالية ضد أنتيجين خاص بإنتاج وتكوين مستوي عالي من الأجسام المضادة المكونة من الجلوبين المناعي (IgG) وهو أكثر الجلوبيولينات المناعية شيوعا فإن تعرض الفرد الفجائي للتركيزات العالية من هذا الأنتيجين يسبب تفاعلات خطيرة في الأنسجة المعرضة . ويترسب المركب المتكون من الأنتيجين والأجسام المضادة Antigen -antibody complex علي جدر بعض الأوعية الدموية علي هيئة حبيبات تقوم بتنشيط نظام آخر مكمل محدثا تكوين

وإفراز بعض الإنزيمات المحللة Proteolytic enzymes ويكون من نتيجة ذلك إلتهاب وتدمير الأوعية الدموية الصغيرة .

ثانيا : الحساسية التي تحدث في الأفراز الحساسة Allergic peaple :

لبعض الأفراد ميلا خاصا للأصابة بالحساسية . ويعتبر الميل إلي الحساسية وراثي ينتقل من الآباء إلي الأبناء . ويتميز هؤلاء الأفراد بوجود كميات كبيرة من الأجسام المضادة المكونة من الجلوبيولين المناعي (IgE) وتسمي هذه الأجسام المضادة Reagins or sensitizing antibodies أي الرياجينات أو الأجسام المضادة المحفزة .تميزا لها عن الأجسام المضادة الشائعة المكونة من الجلوبيولين المناعيIgG . فعند دخول الأنتيجين الذي يستطيع التفاعل مع الأجسام المضادة IgE reagin antibodies والمسمي Allergen يحدث نوع من التفاعل بين Allergen - Reagin وبالتالي يحدث نوع من تفاعل الحساسية الخاص .

وترتبط الرياجينات (reagens) وهي الأجسام المضادة المكونة من الجلوبيولين المناعي (IgE) بالخلايا علي إمتداد الجسم كله وبالأخص الخلايا الصارية (Mast cells) والخلايا القاعدية (basophils) وعليه فإن تفاعل Allergen - Reagin يدمر الخلايا ويكون من نتيجة ذلك حدوث أنواع معينة من تفاعلات المناعة العورانية أو الشبيهة بالحساسية والمسماه علميا بإسم Anaphylactoid types of immune reactions والذي تنتج أساسا من إنفجار الخلايا الصارية والخلايا القاعدية مع إفراز الهستامين والإنزيمات الليزوسومية ومادة Slow-reacting substance of anaphylaxis ومادة Eosinophil chemotactic substance ومواد أخري أقل أهمية . ويعتبر كل من العوار أو الـ Anaphylaxis والأرتيكاريا Articaria وحمي القش Hay fever والربو Asthma من الأمراض المتسببة عن هذا النوع من تفاعلات الحساسية .

التناســــــل

Reproduction

التناسل هو سلسلة من العمليات المصحوبة بالتغيرات الجنسية والتي تحدث في الحيوان ذكرا كان أم أنثي تنتهي بإنتاج فرد جديد لحفظ النوع . وللتناسل مراحل وأطوار تتتابع بنظام دقيق ويؤدي دقة هذا التتابع إلي نجاح عملية التناسل وإنتاج أفراد جديدة فيبدأ التناسل بإنتاج الجاميطات يستتبعها ظهور الرغبة في التزاوج لتلتقي الجاميطة المذكرة (الحيوان المنوي) بالجاميطة المؤنثة (البويضة) حيث يتم إخصاب البويضة لتتكون بذلك اللاقحة . تلتصق اللاقحة بجدار الرحم ليصبح جنينا يتم تطوره إلي حميل يظل مدة معينة هي مدة الحمل التي يختلف طولها بإختلاف الأجناس والأفراد يخرج بعدها هذا الحميل ويصبح وليدا بفضل ومساعدة عملية الولادة ليواجه الحياة الحرة المنفصلة عن أمه وليجد غذاءه في ثدي أمه لبنا سائغا وبعد أن يشتد عوده ويفطم يعتمد علي نفسه وينمو وتتطور أجهزته أعضاؤه ومنها الأعضاء التناسلية لتصبح قادرة علي إنتاج الجاميطات الجنسية ثم التزاوج وبذا تعيد الأفراد الناتجة سيرة الآباء الأولي وهكذا يبقي النوع . تلك هي مراحل التناسل ذكرها القرآن شاملة قاطعة موجزة بليغة في الآية رقم٥ من سورة الحج : " ... يا أيها الناس إن كنتم في ريب من البعث فإنا خلقناكم من تراب ثم من نطفة ثم من علقة ثم من مضغة مخلقة وغير مخلقة لنبين لكم ، ونقر في الأرحام ما نشاء إلي أجل مسمي ، ثم نخرجكم طفلا ثم لتبلغوا أشدكم .... " وعليه يتوقف نجاح التناسل علي نجاح تتابع مراحلة بدقة كافية لإنتاج فرد جديد .

الجهاز التناسلي الذكري Male reproductive system

تقوم الأعضاء التناسلية المختلفة والمكونة للجهاز التناسلي الذكري بوظيفة أساسية هي إنتاج الجاميطات الجنسية الذكرية (الحيوانات المنوية أو الإسبرمات) بالإضافة إلي إنتاج وإفراز هرمونات جنسية تعمل علي تنظيم وإظهار السلوك الجنسي الذكري والصفات الجنسية المميزة للذكر. كما تقوم بعض أعضاء الجهاز التناسلي الذكري بتكوين إفرازات خاصة لتكون الوسط الملائم لحياة وإنتقال الحيوانات المنوية تعرف في مجموعها بالسائل المنوي . لذا يمكن تقسيم الأعضاء الجنسية الذكرية إلي مجموعتين رئيسيتين هما :

١) الأعضاء الجنسية الأولية أو الأساسية Primary sexual organs : وهي الأعضاء التي تقوم بإنتاج وتكوين الجاميطات الجنسية ثم نقل هذه الجاميطات من أماكن تكوينها إلي خارج جسم الذكر ثم إلي القناة التناسلية للأنثي أثناء عملية التزاوج أو الجماع . وتشمل هذه الأعضاء : الخصي (Testes) . البربخ (Epididymis) الوعاء الناقل (Vas deferens) القناة البولية التناسلية أو قناة مجري البول Urethera or Urinogenital canal ـ الحويصلة المنوية (Seminal vesicle) . عضو الجماع (Capulatory organ) .

٢) الأعضاء الجنسية المصاحبة Accessory sexual organs : وهي الغدد التي تقوم بإفراز إفرازات خاصة تكون وسطا مناسبا للحيوانات المنوية وتشمل غدتي البروستاتا (Prostata) وكوبر (Coper's gland) .

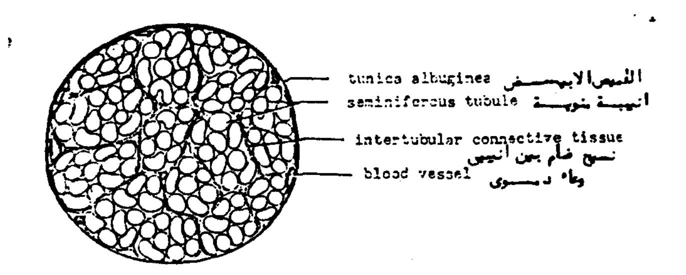
وفيما يلي شرح موجز لموقع ووظيفة هذه الأعضاء :

١) الخصي Testis :

وهي زوج في العادة تقعان في جميع الحيوانات الثديية خارج تجويف الجسم داخل كيس خاص يعرف بكيس الصفن (Scortom) يقع بين الفتحة البولية التناسلية وفتحة الشرج . وتحاط الخصية بطبقة مصلية (Serous membrane) أو الطبقة الطلائية البريتونية (Peritoneal epithelium) أو الغلالة الغمدية (Tunica vaginalis) تحتوي بداخلها علي طبقة أخري تعرف بالقميص الأبيض (Tunica albuginea) والتي تحيط بالخصية أيضا . وتنقسم الخصية إلي فصيصات (Lobules) مخروطية الشكل قمتها عند منتصف الخصية

وقواعدها قرب السطح . وتعتبر الفصيصات الوحدات النشطة للخصية وتحتوي علي واحد أو أكثر من الأنيبيات المنوية المتعرجة (Convoluted seminiferous tubules) .

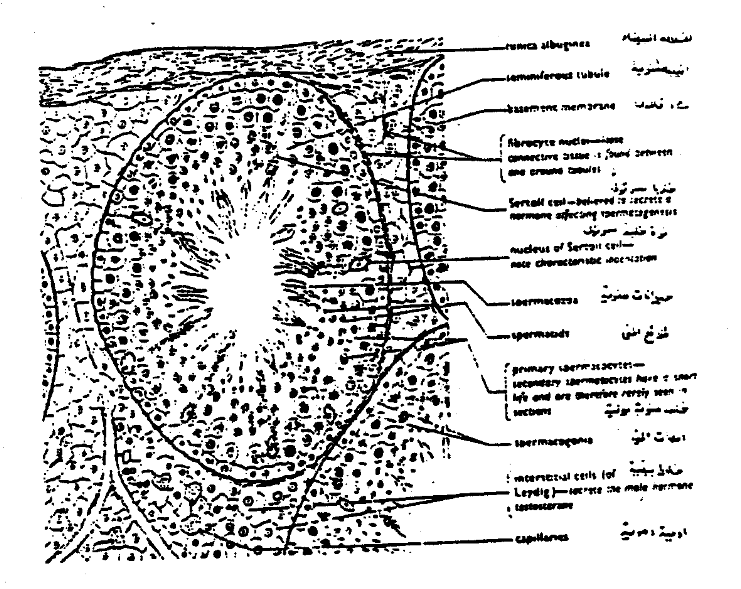
ويوضح الشكل التالي قطاعا عرضيا في خصية الفأر يظهر فيه الفصيصات والأنيبيات المنوية :



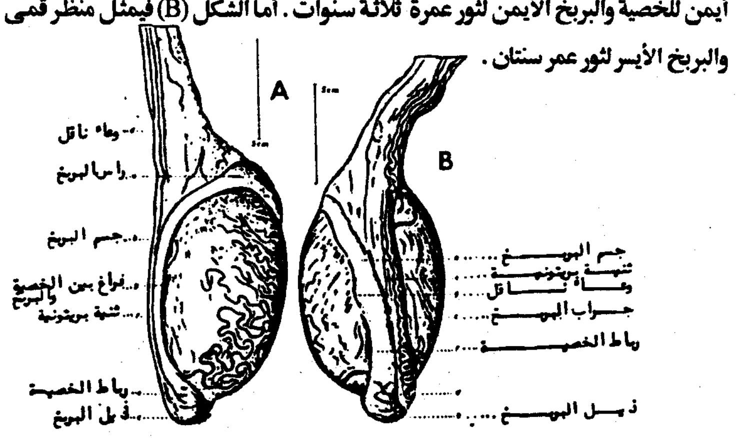
ويتكون جدار الأنيبية المنوية من غشاء قاعدي (Basement membrane) والعديد من طبقات الخلايا الطلائية الجرثومية (Germ cells) المكونه للإسبرمات تختلف في عمرها وفي شكلها . وعادة ما تكون طبقات دائرية متتابعة . ويحيط بالغشاء القاعدي طبقة من خلايا أمهات المني (Sperm mother cells) أو الإسبرماتوجونيا (Spermatogonia) يليها طبقة من الخلايا المنوية الإبتدائية أو الـ (Primary spermatocytes) فطبقة من الخلايا المنوية الثانوية (Secondary spermatocytes) وتعتبر الخلايا المنوية الإبتدائية والثانوية من نواتج إنقسام خلايا أمهات المني . وتتكون طلائع المني (Spermatids) وهي التي تلي طبقة الخلايا المنوية الثانوية نتيجة لإنقسام الأخيرة.وفي كثير من الحالات تستطيل طلائع المني وتتحول إلي حيوانات منوية (Spermatozoa) تقع في تجويف الأنيبية المنوية .

ويشاهد في الأنيبيات المنوية بجانب التراكيب الخلوية السابقة خلايا هرمية الشكل تسمي خلايا سيرتولي (Sertoli cells) تتصل قاعدتها العريضة بالغشاء القاعدي وتتجه قمتها نحو تجويف الأنيبية . وعادة ما تشاهد الحيوانات المنوية متجمعة حول تلك الخلايا ولذا إتجه الكثيرون إلي الإعتقاد بأن لهذه الخلايا وظيفة وقائية وغذائية للحيوانات المنوية .

وفيما يلي شكلا تخطيطيا يوضح تركيب الأنيبية المنوية .



٢) <u>البربخ Epididymis</u> : وهو جسم مطاول وملتصق بالخصية ينقسم تشريحيا إلي ثلاثة مناطق هي الرأس . الجسم . الذيل . وللبربخ قناة معقدة ملتفة تعرف بقناة البربخ يصل طولها في الثور البالغ حوالي ١٢٠ قدما وتحمل هذه القناة المني إلي الوعاء الناقل . وللبربخ ثلاثة وظائف رئيسية هي نقل وإنضاج وتخزين الحيوانات المنوية والشكل التالي يبين إتصال البربخ بالخصية . ويوضح الشكل (A) منظر جانبي أيمن للخصية والبربخ الأيمن لثور عمرة ثلاثة سنوات . أما الشكل (B) فيمثل منظر قمى أيمن للخصية والبربخ الأيسر لثور عمر سنتان .



٣) الوعاء الناقل الغدد الجنسية المساعدة Vas deferens and Accessory sexual glands :

١) الوعاء الناقل والأمبيولا Vas deferens and Ampulla : يقوم الوعاء الناقل بنقل الحيوانات المنوية من ذيل البربخ إلي قناة مجري البول (المبال أو الإحليل) (Urethera) ويمر الوعاءان الناقلان جنبا إلي جنب أعلي المثانة البواية حيث يزدادا في السمك مكونين ما يعرف بالأمبيولا . تمر الأمبيولتان تحت البروستاتا لتفتح مع القنوات الحويصلية المنوية في قناة مجري البول .

٢) الغدد الحويصلية Vesicular glands : تتكون الغدد الحويصلية في الثور من زوج من الغدد المفصصة تقع عند إنحناء قناة مجري البول علي جانبي الأمبيولا وإفرازات هذه الغدد غروية تحتوي علي تركيزات عالية من البوتاسيوم وحمض الستريك والفراكتوز والعديد من الإنزيمات . ولونها عادة أصفر لإحتوائها علي نسبة عالية من الفلافين وتتراوح درجة الـ pH ما بين ٧ر٥ : ٢ر٦ وتكون إفرازات هذه الغددحوالي ٥٥٪ من حجم القذفة الواحدة في الثور .

٣) البروستاتا وغدد كوبر Prostate and Cowper's glands : تتشابه كل من غدد كوبر والبروستاتا في كونها مفصصة أنبوبية . وتحيط البروستاتا بقناة مجري البول وتنقل إفرازاتها عن طريق العديد من القنوات الصغيرة التي تفتح في قناة البول . أما غدد كوبر فتقع أعلي قناة مجري البول بالقرب من مخرجها من الفراغ الحوضي . وتفتح قناتي غدتي كوبر عند حافة الثنية المخاطية لقناة مجري البول .

٤) قناة مجري البول (البرزخ) Canalis urogenitalis or Urethra : وهي قناة مشتركة لنقل كل من البول والمني وتنقسم إلي ثلاثة أجزاء هي : الجزء الحوضي وبصلة البرزخ والجزء القضيبي

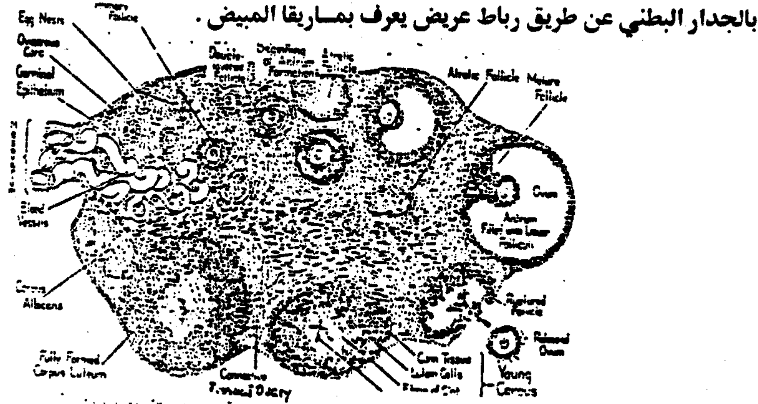
٥) عضو الجماع أو القضيب Penis : للقضيب وظيفتان أساسيتان وهي أفراز البول وقذف المني داخل الأنثي أثناء الجماع , ويتكون القضيب من ثلاثة أجزاء مميزة هي الجذر والجسم وجزء طرفي حر ينتهي بالحشفة القضيبية (Glans penis) ويختلف طول القضيب وقطره بإختلاف جنس الحيوان فيبلغ في الثور ١٠٠ سم وقطره ٣ سم .

الجهاز التناسلي في الأنثي

يتكـون الجهـاز التنتسـلي في الأنثـي مـن المبـايض (Ovaries) وقنـوات المبـايض (Oviducts) والتي تنقسم إلي قناة فالوب (Follapian tube) والرحم (Uterus) وعنق الرحـم (Cervix) والمهبل (Vagina) والفرج (Vulve) كما يشمل الغدد اللبنية (الثدي) (Mammary glands) .

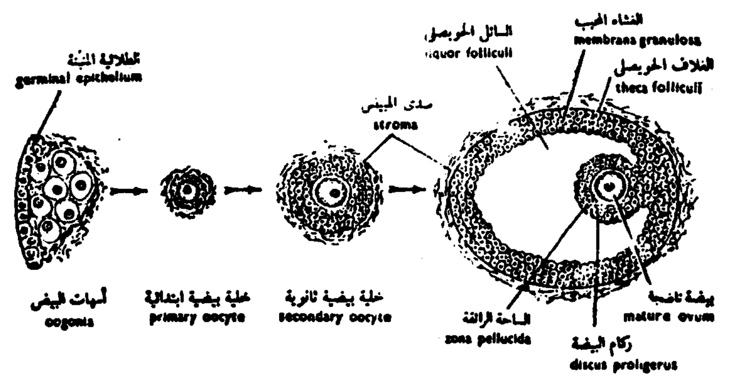
١) المبيـــض Ovary : للمبيض . شأنه في ذلك شأن الخصية . وظيفتان : هما إنتاج الجاميطات الجنسية وإفراز الهرمونات الجنسية الأنثوية . ويختلف موضع المبيض عن موضع الخصية حيث يظل داخل تجويف البطن . والمبايض عبارة عن زوج من الغدد الجنسية يظهر فيما بينها نوع من الإختلاف في القدرة الوظيفية التي تختلف في درجتها وإتجاهها بإختلاف أجناس الحيوانات الزراعية . ويغطي المبيض طبقة واحدة من نسيج طلائي جرثومي (Germinal epithelium) يتكون من خلايا طلائية مكعبة يغطي سطح المبيض ما عدا الحفر الناتجة عن البويضات المنفجرة والتي تتكون في مبايض الأتانة (أنثي الحمار) وتوجد الغلالة البيضاء أو القميص الأبيض (Tunica albuginea) تحت الطبقة الجرثومية

والرسم التخطيطي التالي يوضح قطاعا عرضيا للمبيض وفيه يمكن تمييز إتصال المبيض بالجدار البطني عن طريق رباط عريض يعرف بمـاريقا المبيض .



ويتكون المبيض من نسيج أساسي يعرفبالإستروما (Stroma) وهو نسيج ضام يحتوي علي ألياف عضلية غير مخططة وأوعية دموية وعدد من الحويصلات المبيضية أو حويصلات جـراف

مختلفة الحجم ودرجة التطور حيث تقع أصغرها في الحجم عند سطح النسيج الأساسي للمبيض مباشرة وهي عديمة التجويف تتكون من خلية واحدة (الخلية البيضية) محاطة بصف واحد من الخلايا الطلائية . وعندما تزداد هذه الحويصلات في الحجم تنفصل إلي الداخل نحو مركز النسيج الأساسي حيث تنقسم الخلايا الطلائية ويتكون فراغ بين الخلايا المحيطة بالبيضة مباشرة والخلايا الخارجية التي تكون الجدار الحويصلي . ويمتلئ هذا الفراغ بسائل يحتوي علي مواد بروتينية يعرف بالسائل الحويصلي . ونبين في الشكل التالي مراحل تكوين الحويصلة المبيضية :



مراحل تكوين حويصلة جراف
Developmental stages of a Graafian follicle

وبحتوي المبيض أيضا علي واحد أو أكثر من تركيب خاص يعرف بالجسم الأصفر (Corpus luteum) الذي يتكون في نفس مكان تكوين الحويصلة المبيضية بعد إنفصالها عن المبيض أي بعد حدوث التبويض .

٢) <u>قناة المبيض أو قناة فالوب</u> : تنقسم قناة المبيض بصفة عامة إلي أربعة أجزاء هي :

١) <u>القمع أو البوق</u> (Infundibulum) وهو طرف القناة القريب من المبيض .

٢) <u>الأمبيولا</u> (Ampulla) وهو أطول أجزاء قناة المبيض تمتد من القمع إلي البرزخ .

٣) <u>البرزخ</u> (Isthmus) وهو جزء قصير ضيق .

٤) <u>الجزء بين الجداري</u> (Intermural part) ويمتد في جدار الرحم .

٣) الرحم (Uterus) : وهو الجزء الذي ينمو ويتطور فيه الجنين أثناء الحمل . ويتكون جداره من ثلاثة طبقات هي من الداخل إلي الخارج كما يلي :

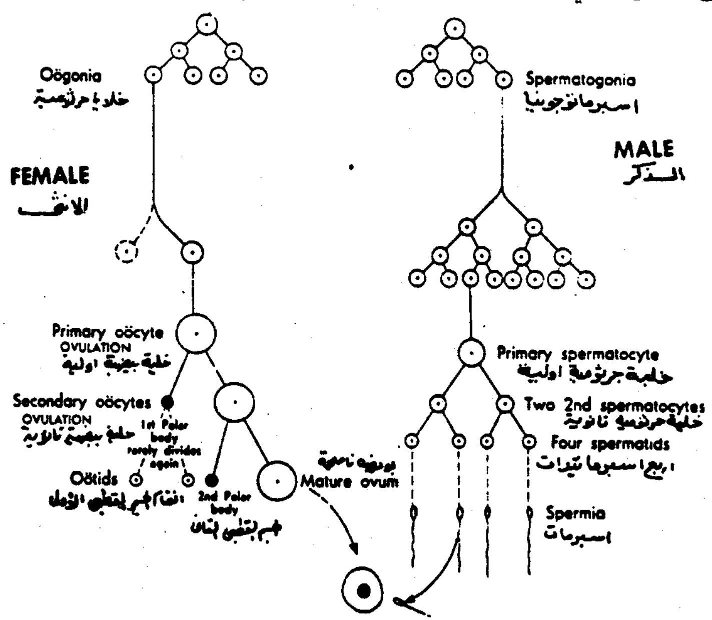
١) بطانة الرحم (Endometrium) أو الطبقة المصلية : وتتكون أساسا من نسيج طلائي عمادي يتخلله بعض من الخلايا العمادية المهدبة .

٢) الطبقة العضلية (Myometrium) : وهي طبقة سميكة تتكون من حزم من العضلات اللاإرادية يتخللها نسيج ضام .

٣) الطبقة المصلية : وهي الخارجية المواجهة لفراغ البطن .

تكوين الجاميطات الجنسية

يوضح الشكل التالي طريقة تكوين الجاميطات الجنسية في كل من الذكر والأنثي :



أولا : في الذكور :

١) تنقسم الإسبرماتوجونيات إنقسامات عديدة (عادية) لتعطي إسبرماتوجونيات مماثلة . وتسمي هذه المرحلة بمرحلة التكاثر العددي للإسبرماتوجونيا .

٢) تنمو الإسبرماتوجونيا إلي الخلية الجرثومية الأولية (Primary spermstocytes) .
٣) تنقسم الخلية الجرثومية الأولية إنقساما إختزاليا لتعطي بعد الإنقسام الأول خليتان جرثوميتان ثانويتان (Two Secondary spermstocytes) تم تعطي كل خلية جرثومية ثانوية إسبرماتيدتين (Two spermatids) نتيجةللإنقسام الثاني .
٤) يتحور كل إسبرماتيد إلي حيوان منوي أو إسبرم .

ثانيا : في الأنثـــي :

١) تنقسم الخلايا الجرثومية المؤنثة(Oogonia) إنقساما عاديا ينتج عنه زيادة عددية للخلايا الجرثومية
٢) تتجدد الخلايا الجرثومية المؤنثة لتعطي خلية بيضية أولية (Primary oocyte) .
٣) تنقسم الخلية البيضية الأولية إنقساما إختزاليا ـ ينتج عن الإنقسام الأول خلية بيضية ثانوية (Secondary oocyte) وجسم قطبي أول (First polar body) .
٤) قد ينقسم الجسم القطبي الأول إلي خليتين (Two ootids) أو لا ينقسم بالمرة بل يضمحل . وينتج عن الإنقسام الثاني للخلية البيضية الثانوية خلية بيضية (Ovum) وجسم قطبي ثاني (Second polar body) .
٥) تتطور الخلية البيضية إلي بويضة ناضجة (Mature ovum) .

البلوغ والنضج الجنسي
Puberty and sexual maturity

إنه من المعروف أن الحيوانات سواء أكانت ذكورا أم إناثا لا تولد ولديها المقدرة علي التناسل بل تأتي هذه المقدرة في مرحلة لاحقة بعد أن تمر الأجهزة التناسلية بمراحل من النمو والتطور تصبح بعدها قادرة علي إنتاج الجاميطات الجنسية . وتتطلب تلك المرحلة وقتا يطول أو يقصر باختلاف أجناس الحيوانات وسلالاتها . ويسمي المرحلة التي عندها تكون الغدد الجنسية (الخصي في الذكور والمبايض في الإناث) قادرة علي إنتاج الجاميطات بمرحلة البلوغ . فعند البلوغ الجنسي تظهر أولي علامات الأداء الجنسي ويعرف البلوغ بأنه العمر الذي يمكن للحيوان عنده من إنتاج أفراد جديدة أو العمر الذي يمكن للحيوان عنده من أن ينتج الجاميطات بصورة صالحة للإخصاب .

ووصول الحيوان إلي مرحلة البلوغ الجنسي لا يعني وصوله إلي أقصي طاقة تناسلية له . بل أن وصولة إلي مرحلة النضج الجنسي (الوصول إلي أقصي طاقة تناسلية) يأتي في وقت لاحق لبلوغه جنسيا . وتعتبر العلاقة بين كل من النمو الجسمي والنمو الجنسي من أهم العوامل المؤثرة علي تحديد العمر الذي يصل عنده الحيوان (ذكرا كان أم أنثي) الي البلوغ الجنسي . وتتناسب سرعة النمو الجنسي تناسبا طرديا مع سرعة النمو الجسمي . أي أنه كلما زادت سرعة النمو الجسمي للحيوان . إلي حد معين . كلما أدي ذلك إلي التبكير في دخوله مرحلة البلوغ الجنسي ثم الوصول إلي النضج الجنسي . ويعزي ذلك إلي سرعة حدوث التغيرات المختلفة للأعضاء والأجهزة التناسلية والازمة لتهيئة الحيوان لبدء نشاطه التناسلي .

العوامل المؤثرة علي البلوغ الجنسي :

لقد أثبتت الأبحاث وجود العديد من العوامل التي تؤثر علي السرعة التي عندها يصل الحيوان إلي مرحلة البلوغ الجنسي والتي نستطيع أن نوجزها فيما يلي :

١) **العوامل الوراثية** : يختلف العمر عند النضج الجنسي بإختلاف نوع الحيوان وسلالته . كما يختلف بإختلاف الحيوانات داخل السلالة الواحدة . فالماشية الأوروبية مثلا تنضج جنسيا مبكرا عن الماشية البلدية المصرية . والأخيرة يكون بلوغها جنسيا مبكرا عن الجاموس .

٢) **تاريخ الميلاد** : يؤثر تاريخ ميلاد الحيوان علي موعد نضجه الجنسي أو علي موعد وصوله إلي مرحلة البلوغ الجنسي . ويرجع ذلك إلي الإختلافات التي توجد في الظروف البيئية والغذائية التي يعيش عليها الحيوان خلال مراحل حياته الأولي .

٣) **التأثير النفسي والسكولوجي** : فيؤدي وضع العجول الصغيرة مع العجلات إلي بلوغها جنسيا مبكرا عما لو تركت هذه العجول الصغيرة بمفردها .

٤) **الظروف الجوية** : يتأثر العمر عند البلوغ الجنسي كثيرا بدرجة حرارة الوسط المحيط بالحيوان . ويختلف هذا التأثير بإختلاف أجناس وسلالات الحيوانات . فماشية الشورتهورن مثلا تنضج مبكرا عند إنخفاض درجة الحرارة والعكس عند إرتفاعها . كما يكون تأثير الضوء أكثر فاعلية علي النشاط الجنسي منه علي البلوغ الجنسي .

٥) **الظروف الغذائية** : يؤثر الغذاء كما ونوعا علي موعد النضج الجنسي عن طريق إختلال التوازن بين كل من التموين الجسمي والجنسي . فعند تغذية الحيوان علي عليقة أقل من

مستوي العليقة الحافظة له فإن ذلك يؤدي إلي بطء نموه الجسمي وتأخير بلوغه الجنسي . ومن ناحية أخري يؤدي تغذية الحيوان علي عليقة تسمين إلي تأخير نضجة الجنسي نتيجة لإتجاه الحيوان إلي زيادة نموه الجسمي . لذا فإنه من الأفضل أن تكون العليقة متزنه وأعلي من العليقة الحافظة للمساعدة علي نمو الحيوان جسميا والتبكير في نضجه الجنسي .

الـــدورة الجنسية

يصحب البلوغ الجنسي في إناث الحيوانات الثديية سلسلة من التغيرات الفسيولوجية يستتبعها ظهور سلسلة من المظاهر السلوكية تأخذ نمط دورة جنسية مميزة واضحة المعالم والمظاهر تعرف بدورة الشبق . وهي عبارة عن سلسلة من المظاهر السلوكية المرتبطة بالتناسل تتكرر بإنتظام ويصحبها بعض التغيرات في تركيب الجهاز التناسلي للأنثي لازمة لمساعدة المبيض خاصة والجهاز التناسلي بصفة عامة علي إنتاج الجاميطات ونجاح عمليات الإخصاب والحمل . كما يصاحبها بعض التغيرات السلوكية والنفسية مثل رغبة الحيوان في التزاوج وزيادة تقبل كل من الذكر والأنثي للآخر.

وتنقسم الحيوانات الثديية من حيث نظام تكرار حدوث دورة الشبق إلي قسمين هما :

١) <u>الحيوانات وحيدة الدورة</u> : وفيها تحدث دورة واحدة خلال العام أو خلال موسم التناسل .

٢) <u>الحيوانات متعددة الدورات</u> : وفيها تحدث أكثر من دورة شبق واحدة خلال العام أو خلال موسم التناسل .

<u>مراحـــل الدورة الجنسية (دورة الشبق)</u> :

تنقسم دورة الشبق في معظم الحيوانات الثديية إلي أربعة مراحل تتميز كل مرحلة منها بمميزات خاصة . وتحدث فيها تغيرات مميزة علي النواحي الفسيولوجية والسلوكية والنفسية للحيوان . ويمكن تلخيص هذه المراحل وأهم سمات كل منها فيما يلي :

١) <u>مرحلة ما قبل الشبق Proestrus</u> : وهي أولي مراحل دورة الشبق . وتعرف بمرحلة النمو والبناء أو طور إعداد المبيض لتكوين البويضات . ويتم أثناء هذه المرحلة نمو وتكوين الحويصلات المبيضية تحت تأثير الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية التي تفرز من النخامية الغدية . كما تتميز هذه لمرحلة بإرتفاع تركيز هرمون الإستروجين الذي يحدث بعض التغيرات في قناة المبيض فيزداد حجم الخلايا المبطنة لها كما يزداد طول أهداب تلك

الخلايا لتتمكن من نقـل البويضـة إلي الرحـم . وأثنـاء هـذا الطـور يزداد سمك الخلايا المبطنة للمهبل وتصبح قرنية لتحميه من أي أضرار قد تحدث له أثناء عملية الجماع . وفي نهاية هذه المرحلة تضخم فتحة الحيا نتيجة زيادة توارد الدم إليها .

٢) مرحلة الشبق أو مرحلة الشياع Estrus : وتعرف بمرحلة الرغبة الجنسية . وفي هذه المرحلة تصل البويضة إلي تمام نضجها . ولهذه المرحلة ـ في كثير من الأحيان ـ علامات مميزة . حيث تتميز الإناث بهدوئها النسبي عند وضع أي جسم فوق ظهرها . وتتضخم فتحة الحيا وتنزل منها إفرازات مخاطية . علي أنه لا يمكن تمييز علامات واضحة لهذه المرحلة في بعض الأحيان كما هو الحال في الأغنام . وعموما يصاحب هذه المرحلة التغيرات السلوكية والمظهرية الآتية :

١) ظهور السلوك الذكري علي بعض الإناث حيث تعتلي الإناث الشائعة زميلاتها .
٢) قلق الحيوان وكثرة حركته وصدور أصوات مميزة منه .
٣) فقد الشهية وإنخفاض إدرار اللبن .

وتختلف طول هذه المرحلة بإختلاف الحيوانات فتتراوح طولها من عدة ساعات في بعض الحيوانات إلي عدة أيام في البعض الآخر .

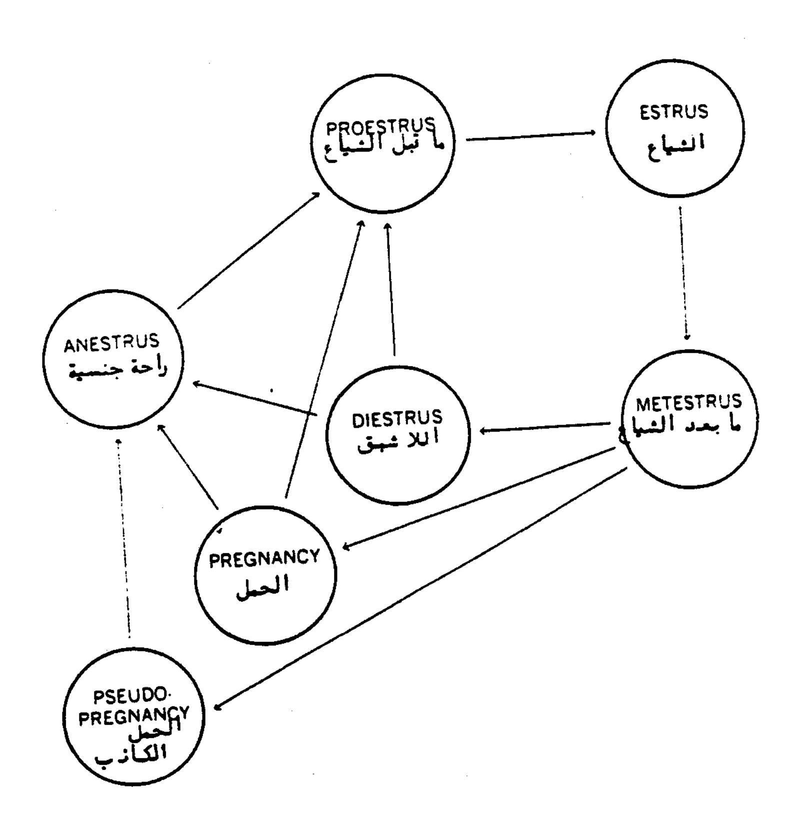
٣) مرحلة ما بعد الشبق Metaestrus : تبدأ هذه المرحلة بعد إنتهاء مرحلة الشبق . وفيها تتوقف مظاهر الشياع فجأة . كما تتم خلالها عادة عملية التبويض وأولي خطوات غرس الجنين في جدار الرحم . كما تبدأ نمـو الغدد اللبنية . وتزداد حركة قناة المبيض كما تزداد إفرازاتها المخاطية وحركة أهداب خلاياها . أما المهبل فيفقد معظم نمواته الجديدة وتتحول خلاياه الخارجية إلي طبقة من الخلايا العمادية . ويبدأ تكوين غدد الرحم والتي تعتبر من التغيرات الرحمية اللازمة لإستقبال البويضة بعد إخصابها .

٤) مرحلة اللاشبق Diestrus : وهي أطول مراحل دورة الشبق . وفيها يتم تكوين ما يعرف بالجسم الأصفر (Corpus luteum) . وهو تركيب غدي يتكون في نفس مكان إنفجار الحويصلة المبيضية وذلك بعد تمام حدوث التبويض . ويتكون الجسم الأصفر نتيجة لتحول خلايا الحويصلة المبيضية إلي خلايا صفراء اللون لإمتلائها بحبيبات ليبيدية . ويعتبر الجسم الأصفر من الغدد الصماء حيث يفرز هرمون البروجستيرون المسئول عن التغيرات التي تحدث للرحم قبل وبعد دورة الشبق كما أنه ضروري جدا لإتمام الحمل وإستمراره وهو يمنع

تكوين حويصلة مبيضية أخري طوال مدة الحمل (إن حدث) . ويصبح جدار الرحم الداخلي أكثر سمكا ويزداد حجم الغدد الرحمية التي تكونت في المرحلة السابقة . كما تتطور عضلات الرحم . وتؤدي كل هذه التغيرات إلي زيادة الإفرازات اللبنية للرحم لتغذية الجنين أثناء الحمل . ويظل الجسم الأصفر نشطا معظم فترة الحمل

ويبدأ الجسم الأصفر في الضمور ثم الإختفاء إذا لم يحدث إخصاب ولم يتم الحمل وذلك بعد مدة معينة من إنتهاء الدورة الجنسية التي تختلف بإختلاف نوع الحيوان وسلالته وبالتالي يبدأ المبيض في تكوين حويصلة مبيضية أخري وتتكرر مراحل دورة شبق جديدة .

ويمكن تصوير تتابع المراحل المختلفة لدورة الشبق في إناث الحيوانات الزراعية الثديية تخطيطيا في الشكل التالي .



ونظرا لوجـود الكثير من الإختلافات في الظواهر التناسلية للحيوانات الزراعية الثديية الأمر الذي يؤدي غالبا إلي تغيير طريقة الرعاية والتربية لكل نوع من هذه الحيوانات بما يتفق مع طبيعة التناسل فيها . لذا رأينا أن نلخص في الجدول التالي طبيعة دورة الشبق وطولها ووقت حدوث التبويض وطول فترات الحمل لأهم الحيوانات الزراعية .

مرحلة الدورة	الأبقار	النعاج	الخنازير	الحمار
الراحة الجنسية	مختلفة	موسمية	إدرار اللبن	حتي موسم التناسل التالي
ما قبل الشبق	٢:٤	٢	٢	٢
الشبق	٥ر	١:٢	٢:٣	٦
ما بعد الشبق	٢	٢	٢	٢
اللاشبق	١٥	١١:١٢	١٤	١٢:١٣
الحمل	٢٧٩	١٤٥	١١٤	٣٣٦

لاحظ أن كل القياسات باليوم ولا تشمل مدة الحمل مرحلة ما بعد الشبق .

الإختلال في ظهور أو تعاقب دورات الشبق

قد لا تتخذ دورات الشبق في بعض الحيوانات هذا التتابع المنتظم المدة بين الدورات المختلفة لأسباب مختلفة معظمها يتعلق بتوازن التأثيرات الهرمونية وهو ما نبينه فيما يأتي :

١) تأخير نمو المبايض وتطورها حيث تكون دورات الشبق غير منتظمة في تتابعها لعدم نمو الحويصلات المبيضية وعدم تكوين الهرمونات الجنسية (الإستروجين والبروجستيرون) . وتعالج هذه الحالة بحقن الحيوان بهرمون الـ FSH أولا لتنبيه نمو الحويصلة المبيضية ثم بهرمون الـ LH للمساعدة علي التبويض .

٢) إستمرار الجسم الأصفر مع عدم حدوث حمل . وتعالج هذه الحالة بإزالة الجسم الأصفر

٣) راحة جنسية بعد الولادة وهي الفترة بين الوضع وظهور أول شبق . وتختلف هذه الفترة بإختلاف سلالة الحيوان وتتراوح بين ٣٠ : ٥٠ يوم في الأبقار ، ٢٠ : ٣٠ يوم في الأفراس . ويطيل من هذه الفترة وجود الحيوان في حالة إدرار أو إنخفاض مستوي التغذية .

٤) الشبق المستمر الذي ينتج عن تكيس الحويصلات المبيضية وإستمرار إفراز هرمون الإستروجين الذي يسبب إستمرار الرغبة الجنسية . وتعالج هذه الحالة بإزالة البويضة المتكيسة أو بالحقن بهرمون الـ LH لإحداث التبويض .

٥) التبويض الصامت . وينتج عن إختلال التوازن بين هرمون الإستروجين والبروجستيرون أو لنقص الغذاء . وفيه تحدث دورة شبق طبيعية دون ظهور أعراض الشياع .

٦) ظهور الشبق دون حدوث تبويض . وسببه عدم حدوث التبيض نتيجة للإختلال الحادث بين هرموني الـ FSH والـ LH أو بين الإستروجين والبروجستيرون أو للإنخفاض مستوي الـ LH قبل التبويض مباشرة .

٧) ظهور الشبق أثناء الحمل نتيجة لنمو حويصلات مبيضية أثناء الحمل .

التبويض Ovulation

هو إنفجار الحويصلة المبيضية الناضجة ونزول البويضة إلي قناة المبيض . والجدول التالي يبين وقت حدوث التبويض بالنسبة لفترة الشبق أو الشياع .

الحيوان	وقت حدوث التبويض بالنسبة المدي بالساعة	لفترة الشبق أو الشياع المتوسط بالساعة
الأبقار	٢ : ٢٥ بعد إنتهاء الشبق	١٢
النعاج	١٢ : ٢٤ قبل إنتهاء الشبق	١٧
الأفراس	٢٤ : ٤٨ قبل إنتهاء الشبق	...
الخنازير	١٦ : ٤٨ من بدء الشبق	٤١

وتنقسم الحيوانات حسب طريقة حدوث التبويض إلي قسمين :

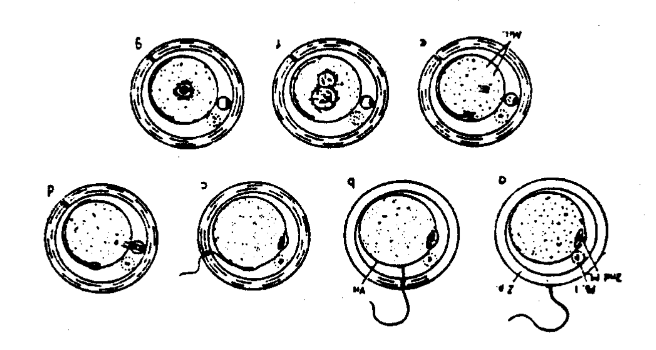
١) الحيوانات ذات التبويض التلقائي : أي يتم التبويض فيها بواسطة تنظيم داخلي أو ذاتي ودون حدوث مؤثر أو عامل خارجي .

٢) الحيوانات ذات التبويض المستحث Induced ovulation : حيث يحدث التبويض نتيجة حدوث مؤثر خارجي وهو عملية الجماع عادة كما يحدث في الأرانب .

ويتم التبويض في الحالتين يحت تأثير هرمون الـ LH .

الإخصـــاب
Fertilization

تتوقف جميع عمليات التناسل علي حدوث الإخصاب بالرغم مـن أنها ليست في حد ذاتها من عمليات التكاثر بل أنهـا نتيجـة لإتحـاد خليتين همـا الجـاميطتين الجنسيتين لتكويـن خلية واحدة تعرف الزيجوت . وتتم عملية الإخصاب حسب الخطوات التالية والموضحة بالشكل التالي :



ونستطيع أن نلخص هذه الخطوات فيما يلي :

a) يقترب الإسبرم من المنطقة الرائقة للبويضة (ZP) .

b) يخترق الإسبرم المنطقة الرائقة ويتصل بغشاء المح (VIT) .

c) دخول رأس الحيوان المنوي من غشاء المح وبقاؤه تحت هذا الغشاء .

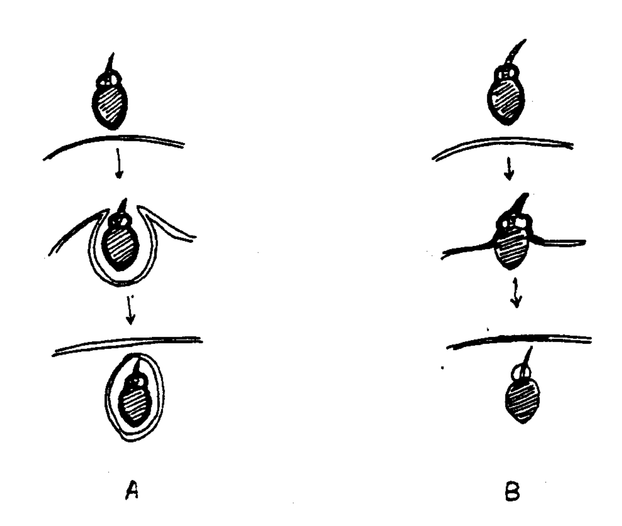
d) دخول كل الإسبرم تقريبا من غشاء المح .

e) تكوين الأنوية الأولية الذكرية والأنثوية .

f) تمام تكوين الأنوية الأولية . لاحظ أن النواة الذكرية أكبر من الأنثوية .

g) تمام حدوث الإخصاب أي إتحاد النواتين الأوليتين .

ويوضح الرسم التخطيطي التالي طريقة دخول الحيـوان المنـوي من خلال غشاء البويضـة أو غشاء المح . وتمثل الشكل (A) دخـول الحيوان المنوي بالطريقة الإلتهامية . أما الشكل (B) فيبين طريقة دخول الإسبرم عن طريق إنفجار وإندماج الأغشية السيتوبلازمية لخلية الإسبرم والبويضة .



الحمـــــل Gestation

يبدأ الحمل مع بداية عملية الإخصاب ودخول الحيوان المنوي داخـل البويضـة وتنتهي عند الوضع والذي يمثل خروج الجنـين والمشيمة خـارج الأم . وتعرف مـدة الحمـل بأنهـا الفترة التي يقضيها الجنين داخل الرحـم حتي يتم تطـوره . ويوضـح الجـدول التالي طـول مـدة الحمـل في بعض سلالات الحيوانات :

الحيـــــوان	المـــــــدي	المتوســـــــط
سلالات أبقار اللبن :		
شورتهورن اللبن	٣٢٢	٢٨٢
الفريزيـــــان	٢٤٠ : ٣٣٣	٢٧٦
سلالات أبقار اللحم :		
شورتهورن اللحم	٢٧٣ : ٢٩٤	٢٨٣
الأغنـــــــام	١٤٠ : ١٥٩	١٤٨
الخنازيـــــــر	١٠٢ : ١٢٨	١١٤
الخيــــل العربـــــي	٣٠١ : ٣٧١	٣٣٧

وتعتبر كل من الوراثة والبيئة من العوامل المؤثرة علي طول مدة الحمل . إلا أنه من الصعب تحديد أيهما أكبر أثرا طالما أن الفروق بين السلالات في طول مدة الحمل قليلة .

أولا : تأثيرات العوامل الوراثية : تلعب التراكيب الوراثية للحميل والذي إكتسبه من أبويه دورا ما في طول مدة الحمل .

ثانيا : تأثير العوامل البيئية : تشمل العوامل البيئية المؤثرة علي طول مدة الحمل علي عوامل البيئة الخارجية وعوامل البيئة الداخلية السائدة أثناء مدة الحمل . وتشمل عوامل البيئة الداخلية الظروف الفسيولوجية للأم (العمر والوزن وكفاءة الغدد الجنسية) بالإضافة إلي حجم وجنس الجنين وعدد الأجنة في البطن الواحدة . وتلعب عوامل البيئة الخارجية مثل طول اليوم ودرجة الحرارة وعوامل التغذية دورا في التأثير علي طول مدة الحمل . حيث تطول مدة حمل الحملان التي تولد في الربيع مدة يومان عن تلك التي تولد في الخريف . وتقصر مدة حمل النعاج بمقدار ٥ أيام إذا إنخفض معدل تغذيتها خلال الثلث الأخير من مدة الحمل

تشخيص الحمل : توجد علي الأقل ثلاثة طرق لتشخيص الحمل نذكرها بإختصار فيما يلي :

١) التشخيص الإكلينكي Clinical diagnosis : يمكن تشخيص الحمل في الأبقار عن طريق الجس المستقيمي Rectal palpation للكشف عن وجود كيس الأمنيون وذلك منذ اليوم الـ ٣٤ من الحمل ثم بعد ذلك يمكن الجس لفحص الفلقات الجنينية . وتعتبر هذه الطريقة علي درجة كبيرة من الفاعلية في تشخيص الحمل في الأبقار إلا أنها لا تفيد في حالات النعاج والخنازير . ويمكن تشخيص الحمل في الأفراس عند اليوم الـ ٢١ عن طريق فحص مخاط عنق الرحم والجس عن طريق المستقيم للمبيض والرحم إذا تمت عملية الجس عن طريق شخص متمرس .

٢) التشخيص بالطرق البيولوجية Biological assay or Bioassay : وتبني هذه الطريقة علي الكشف علي الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية المعروفة بإسم (Gonadotropin) في سيرم الفرس الحامل خلال ٥٠ : ١٠٠ يوم من الحمل وذلك بحقن هذا السيرم في إناث فئران أو أرانب غير ناضجة جنسيا حيث يبدأ تكوين الحويصلات المبيضية علي مبايضها عند وجود حمل .

٣) التشخيص بالطرق الكيميائية Chemical diagnosis or chemo - assay : يمكن تشخيص الحمل في الأفراس عن طريق تقدير إستروجينات البول بعد اليوم الـ ١٢٠ من الحمل .

ويمكن القول بأن طريقتي التشخيص الكيميائي والبيولوجي ليست ذات فاعلية تذكر في تشخيص الحمل في الأبقار نظرا لإنخفاض مستوي كل من الإستروجينات والهرمونات المنبهة للغدد الجنسية خصوصا في المراحل المبكرة من الحمل .

الـــولادة
Parturition

تعتبر الولادة النتيجة النهائية للحمل . وتتم الولادة علي مراحل أربعة هي :

١) المرحلة التمهيدية Preparatory stage : وفي هذه المرحلة يرتخي عنق الرحم (cervix) وينتظم إنقباض العضلات الطولية والدائرية للرحم مع حدوث حركة شديدة تجاه العنق وزيادة في معدل وشدة الإنقباضات الرحمية نتيجة للإنعكاسات العصبية من الجهاز العصبي اللاإرادي والتي يزداد تأثيرها بزيادة حركة الجنين وبعض التأثيرات الهرمونية وعلي الأخص هرمون الأكسيتوزين . ويؤدي الإنزعاج في هذه المرحلة إلي تثبيط إنقباضات عضلات الرحم وبالتالي بطء أو تثبيط عملية الولادة . وتلعب الأعصاب القطنية دورا هاما في إحداث التنبيه العصبي لعضلات الرحم . وتعطي طول هذه المرحلة دلالة علي حدوث بعض المتاعب في عملية الولادة

٢) مرحلة طرد الحميل Expulsive stage : ومن أهم سمات هذه المرحلة هو تمام إرتخاء عنق الرحم ودخول الحميل إلي عنق الرحم ثم إلي المهبل مع زيادة إنقباض العضلات االرحمية وحدوثها بطريقة مميزةحيث يزداد طول مدة الإنقباضات مع قصر فترة إنبساط هذه العضلات . ويصبح الحميل عند هذه المرحلة متحررا من أنسجة مشيمته ويبدأ في التنفس الهوائي مستقلاعن الأم . لذا قد يؤدي أي تأخير في تمام عملية الولادة إلي إختناق الحميل وموته .

٣) مرحلة طرد المشيمة Expulsion of the placenta : يتم طرد المشيمة من الرحم في هذه المرحلة . ويختلف وقتت حدوث ذلك بإختلاف أجناس الحيوانات . فيتم طرد المشيمة في الأبقار بعد ١٢ ساعة من طرد لحميل .

٤) عودة الرحم إلي حجمه الطبيعي Involution of the uterus : يعود الرحم إلي حجمه الطبيعي قبل الولادة بعد تمام طرد الحميل والمشيمة .

وتختلف مدة كل مرحلة من مراحل الولادة إختلافا كبيرا بإختلاف أجناس وسلالات الحيوانات . وتعتبر فترة خروج الحميل أقصر مراحل الولادة طولا كما يتضح من الجدول التالي الذي يبين طول مراحل الولادة الأربعة بالساعة في أهم أجناس الحيوانات الزراعية الثدييه .

الحيوان	التمهيدية	طرد الحميل	طرد المشيمة	رجوع الرحم (يوم)
الأبقـــــار :				
المدي	٥ر : ٢٤	٥ر : ٣ : ٤	٥ر : ٨	٩
المتوسط	٦ : ٢	٥ر : ١	٥ : ٤	-
خطر إذا زاد	١٢ : ٦	٣ : ٢	١٢	-
النعـــــاج :				
المدي	٥ر : ٢٤	٥ر : ٢	٥ر : ٨	٣٠
المتوسط	٦ : ٢	—	—	-
خطر إذا زاد	١٢ : ٦	٣ : ٢	١٢	-
الخنـــــازير :				
المدي	١٢ : ٢	٤ : ١	٤ : ١	١٠
خطر إذا زاد	١٢ : ٦	١٢ : ٦	-	-
الأفـــــراس :				
المدي	٤ : ١	١٠ : ٣٠ دقيقة	٥ر : ٨ : ١٢	٢٥ : ١٣
المتوسط	—	-	٥ر : ٣	-
خطر إذا زاد	٤	٢٠ : ٣٠ دقيقة	١٢	-

مسببات بدء عملية الولادة Initiation of parturition

لقد وضعت العديد من النظريات لتفسير العوامل المسببة لإنهاء الحمل وبدء الولادة نوجزها فيما يلي :

١) نظرية التأثيرات الهرمونية Hormonal mechanism : تبني هذه النظرية علي وجود بعض الدلالات علي تنبيه الإستروجين لحركة الرحم وزيادة معدل إنقباض عضلاته . فيؤدي إرتفاع تركيز الإستروجين تدريجيا بالقرب من نهاية فترة الحمل ووجود الفعل التعاوني بينه وبين هرمون الأكسيتوزين بالإضافة إلي إنخفاض مستوي البروجستيؤون وإرتفاع مستوي الكورتيزول قرب نهاية فترة الحمل إلي تنبيه الإنقباضات الرحمية وبالتالي بدء عملية الولادة .

٢) <u>نظرية التأثيرات العصبية</u> Neural mechanisms : قد يؤدي تمدد الرحم وضغطه علي عنق الرحم إلي إحداث نوع من التنبيه للهيبوثالاماس عن طريق الجهاز العصبي . مما يؤدي إلي إفراز هرمون الأكسيتوزين من النخامية العصبية إلا أن المستويات الفسيولوجية من هذا الهرمون لا تستطيع إحداث بدء للولادة بمفردها .

٣) <u>نظرية التأثيرات الطبيعية</u> Physical mechanisms : يؤدي تمدد الرحم خلال فترة النمو السريع للحميل إلي زيادة حساسية الطبقة العضلية للرحم لتأثير كل من الإستروجين والأكسيتوزين . ومما يؤيد ذلك ما هو ملاحظ في التبكير في ولادة التوائم عن حالات الحمل المفرد وذلك لزيادة تمدد الرحم في الحالة الأولي عن الحالة الثانية . وتلعب حركة الحميل - بالإضافة إلي ذلك - داخل الرحم دورا فعالا في بدء عملية الولادة وإنقباض عضلات الرحم .

من كل من تقدم من نظريات وما إستندت عليه من أسس يمكن وضع تصور عام لشرح أسباب بدء الولادة وإنهاء فترة الحمل نلخصة في أنه : تسبب زيادة نمو الحميل داخل الرحم تمدد الطبقة العضلية له وتنبيه الأعصاب الحسية علي الرحم وعنقه . ويسبب هذا التنبيه بالإضافة إلي أنخفاض هرمون البروجستيرون وإرتفاع معدل إفراز هرمون الكورتيزول من قشرة غدة فوق الكلية إلي زيادة معدل إفراز هرمون الأكسيتوزين ويؤثر الأكسيتوزين بطريقة تعاونية مع الإستروجين (الذي يزيد معدل تكوينه عند نهاية فترة الحمل) علي الطبقة العضلية للرحم حيث يزيد من تهيجها (Irritability) . كما يؤدي إنخفاض مستوي البروجستيرون وزيادة مستوي الكورتيزول إلي خفض معدل تثبيط العضلات الرحمية . وتزداد القابلية الإنقباضية للرحم (Uterine contractility)بزيادة حركة الحميل قرب موعد الولادة نتيجة لنقص الأكسوجين (Anoxia) الناتج عن نقص الإمداد الدموي له نتيجة تمدد الرحم فيدفع الحميل خارج الرحم . ويساعد إرتخاء عنق الرحم والمهبل وزيادة الإنقباضات الرحمية وإنقباض عضلات البطن للأم خلال الولادة علي طرد الحميل طرد الحميل . (راجع هرمونات الولادة) .

التنظيم الهرموني للتناسل

أولا : التنظيم الهرموني للعمليات التناسلية في الإناث :

يزداد معدل إفراز النخامية الغدية من هرمون الـ (FSH) قرب موعد البلوغ وبذا يبدأ نمو واحدة أو أكثر من الحويصلات المبيضية (حويصلات جراف) . ويتوقف عدد هذه الحويصلات النامية علي نوع الحيوان كما يؤدي إفراز كميات صغيرة من هرمون الـ (LH) مع الـ (FSH) إلي إفراز هرمون الإستروجين من الحويصلة المبيضية النامية . كما يساعدعلي نمو ونضج هذه الحويصلات علي المبيض . ويؤدي إفراز الإستروجين إلي إستعداد الأنثي إلي تقبل الذكر وإتمام عملية الجماع وهو ما يعبر عنه بدخول الأنثي مرحلة الشياع من دورة الشبق . وينبه الإستروجين - بالإضافة إلي ذلك - النمو المهبلي كما أنه يساعد علي الإفرازات الرحمية التي نراها تخرج من فتحة الحيا خلال فترة الشياع والتي تعتبر من العلامات المميزة لمعرفة دخول الأنثي هذه المرحلة من دورة الشبق . كما يساعد الإستروجين علي النمو الرحمي لتمكين الرحم من أن يكون ملائما لإستقبال البويضة الملقحة وإتمام غرس الجنين وتطوره .

ويثبط تزايد معدل إفراز الإستروجين معدل إفراز هرمون الـ (FSH) بينما يساعد علي زيادة معدل إفراز هرمون الـ LH من النخامية الغدية . ويؤدي ذلك كله إلي حدوث عملية التبويض . ويبدأ تكوين الجسم الأصفر بعد التبويض وفي نفس المكان الذي كانت تشغله حويصلة جراف المنفجرة .ويفرز الجسم الأصفر هرمون البروجستيرون الذي يثبط أو يمنع إفراز هرمون الـ FSH من النخامية الغدية . وعليه يمنع وجود البروجستيرون بمستوي عالي في الدم نمو حويصلة جراف ثانية علي المبيض كما يساعد علي إستكمال نمو البطانة الرحمية الداخلية (Endometrium) كما يهيؤها لإستقبال البويضة الملقحة .

فإذا لم يحدث حمل بأن لم يتم إخصاب البويضة لسبب أو لآخر إما لعدم حدوث جماع أو لعدم وجود حيوانات منوية مهيأة و قابلة لتلقيح البويضة فإنه في هذه الحالة يبدأ الجسم الأصفر المتكون في الإضمحلال والإختفاء والتحول تدريجيا إلي الجسم الأبيض مما ينتج عنه إنخفاض نسبة تركيز البروجستيرون في الدم مما يؤدي إلي تنبيه إفراز هرمون الـ FSH ليبدأ تكوين حويصلة جراف جديدة وتتكرر نفس الدورة السابقة .

أما إذا حدث تلقيح ناجح مصحوبا بإخصاب للبويضة يستمر إفراز البروجستيرون من الجسم الأصفر مما يساعد علي إكتمال تجهيز الرحم لغرس الجنين المتكون داخل بطانة الرحم كما يساعد علي نمو وإفراز الغدد الرحمية التي تعمل إفرازاتها علي تغذية الجنين المنغرس قبل تكوين المشيمة .

ويعتمد تكوين وإستمرار المشيمة إلي حد كبير علي تأثير كل من الإستروجين والبروجستيرون حيث يجب أن يظل تركيزهما بنسبة معينة . وللبروجيتيرون تأثير علي عضلات الرحم حيث يؤدي هذا الهرمون إلي جعل هذه العضلات في حالة من الهدوء تمكن من إستمرار بقاء الجنين في الرحم ومنع طرده خارجه قبل أن يحين موعد الولادة الطبيعية . فهو بذلك يمنع حدوث الإجهاض .

وقد يستمر الجسم الإصفر . في بعض الحالات . عاملا دون إضمحلال أو إختفاء علي الرغم من عدم حدوث إخصاب أو حمل . فيستمر في إفرازه لهرمون البروجستيرون طوال مدة معينة تقترب في كثير من الأحيان من مدة الحمل الطبيعية وبذا تصبح الأنثي فسيولوجيا وسلوكيا كأنها في حالة حمل دون أن يكون هناك حملا وهو ما يعبر عنه بالحمل الكاذب (Pseudopregnancy) .

ولا يعتبر المبيض أساسا لإستمرار الحمل في بعض الحيوانات مثل الأتانة (أنثي الحمار) وغنازير غينيا . وتكون المشيمة في هذه الحالة قادرة علي إفراز كميات كافية من البروجستيرون لإستمرار الحمل كما يحدث إجهاض في بعض الحيوانات إذا أزيل منها المبايض أو الجسم الأصفر . ففي حالة ضرورة وجود المبيض لإستمرار الحمل فإن الجسم الأصفر يظل نشطا حتي موعد الولادة . وقد تفرزمشيمة هذه الحيوانات كميات من البروجستيرون لدعم كمية المفرز منه من الجسم الأصفر .

ولا تظهر علامات الشبق أو الشياع علي الحيوانات الحوامل . حيث يمنع إرتفاع تركيز البروجستيرون في الدم إفراز الغدة النخامية لهرمون الـ FSH وعليه لا يحدث نمو أو إفراز بويضة أخري

وفي خلال الجزء الأول من فترة الحمل فإن كميات قليلة من الإستروجين تفرز بتقدم الحمل حتي تصبح كميات الإستروجين عالية في نهاية فترة الحمل . وفي الأتانه فإن كميات كبيرة من الإستروجين تفرز في البول بينما يفرز هذا الهرمون في كل من بول وروث الأبقار . وتوجد

بعض الأدلة علي أن للبروجستيرون يقلل من فاعلية الإستروجين ونتيجة لذلك فإن كميات كبيرة منه تكون زائدة عن الحاجة فتفرز في البول .

ويعمل الإستروجين بالتعاون مع البروجستيرون علي زيادة حجم الرحم حتي يستطيع أن يفيإحتياجات نمو الجنين . كما أن الفعل الميكانيكي لنمو الرحم نتيجة لنمو الجنين يساعد الفعل الهرموني لكل من البروجستيرون والإستروجين لزيادة حجمه طوال مدة الحمل .

وللبروجستيرون دور في إستمرار الحمل . فطالما كان تركيزه هو الأعلي فإنه يعمل علي إبطال مفعول هرمون الأكسيتوزين علي عضلات الرحم . ويزداد تركيز الإستروجين في البول بتقدم الحمل . وتزداد نسبة تركيز الإستروجين في الدم قبل الوضع مباشرة وبذا تختل النسبة بينه وبين البروجستيرون حيث يسود الإستروجين علي البروجستيرون ويزداد كذلك ترميز الكورتيزول ويودي ذلك إلي مساعدة فعل الإستروجين علي عضلات الرحم كما يعمل علي زيادة إستجابة هذه العضلات لتأثير هرمون الإكسيتوزين الذي يعمل علي إنقباض العضلات الرحمية . ويجيئ بعد ذلك دور هرمون الريلاكسين (Relaxin) عندما يحين ميعاد لوضع بقليل حيث يعمل هذا الهرمون علي تمد أربطة الحزام الحوضي وبذلك يوسع مجري مرور الجنين أثناء الوضع .

<u>ثانيا</u> : <u>التنظيم الهرموني للعمليات التناسلية في الذكور</u> :

تفرز كميات كبيرة من هرموني الـFSH والـLH من النخامية الغدية عندما يصل الذكر إلي مرحلة البلوغ الجنسي . يعمل الـ FSH علي تنشيط عمليات تكوين الحيوانات المنوية (Spermatogenesis) ويعمل الـ LH علي تنشيط إفراز الأندروجينات (التستوستيرون Testosterone) من الخلايا البينية الموجودة بين الأنيبيات المنوية في الخصية . وبزيادة تركيز الأندروجينات إلي حد معين يقل معدل إفراز الهرمونات المنشطة للغدد الجنسية (Gonadotrophic hormones) من النخامية الغدية وهي هرمونات الـFSH والـ LH . وعليه يوجد بين الخصي والغدة النخامية حالة من التوازن حيث يقلل إنخفاض إفراز الهرمونات المنشطة للغدد الجنسية مستوي إفراز أندروجينات الخصية كما يقلل معدل تكوين الحيوانات المنوية في الأنيبيات المنوية . ويعمل إنخفاض معدل إفراز الأندروجينات من الخصية - من جهة أخري - علي زيادة معدل إفراز الهرمونات المنشطة للجنس والتي تعمل بدورها علي زيادة إفراز الأندروجينات من الخصية وزيادة معدل تكوين الحيوانات المنوية . وعليه فيتوقف نشاط الخصية إلي حد كبير علي مدي التوافق الموجود بين نشاط كل من الغدة النخامية والغدد الجنسية (الخصي) .

ويقل معدل إفراز الهرمونات المنشطة للغدد الجنسية - في الحيوانات موسمية التناسل - مباشرة وبسرعة بعد إنتهاء موسم التناسل ويظل معدله منخفضا إلي أن يحين موسم التناسل التالي . حيث تؤثر العوامل البيئية - طول ساعات الإضاءة اليومية غالبا - علي تنبيه الهيبوثالاماس لإنتاج عوامل إفراز (Releasing factors) هرموني الـ FSH والـ LH التي تؤثر بدورها علي النخامية الغدية التي تكون وتفرز هذين الهرمونين اللذان يجعلان الخصية في حالة نشطة مرة أخري .

وتؤدي الغدة الدرقية - في بعض أجناس الحيوانات - دورا هاما في عملية التناسل . فيؤدي إرتفاع درجة الحرارة في الصيف إلي إنخفاض أعداد الحيوانات المنوية المتكونة مع زيادة أعداد الغير طبيعي منها في السائل المنوي (كما هو الحال في الكباش) . وقد تعزي هذه التغيرات في صفات السائل المنوي إلي هرمون الغدة الدرقية . فلقد أوضح الكثير من الباحثين أن للغدة الدرقية تأثير علي النسيج المولد للحيوانات المنوية في الخصية (Spermatogenic tissue) ولكن تأثيره يكون بسيطا أو يكاد يكون معدوما علي الخلايا البينية التي تفرز الهرمونات الذكرية .

وتنشط الأندروجينات نمو الأعضاء التناسلية المساعدة (الثانوية) كما تؤثر علي النشاط الإفرازي للأنسجة الطلائية للأعضاء التي تعمل إفرازاتها علي حمل وتغذية الحيوانات المنوية كالبروستاتا وغدد كوبر ... وغيرها . كما يعمل الأندروجين علي ظهور السلوك الجنسي الذكري في الحيوانات . ويعتقد البعض علي أن للأندروجين فعل مساعد للخصية علي تأدية وظائفها .

فسيولوجيا إدرار اللبن

يتم إنتاج اللبن وإفرازه بواسطة الضرع (Udder) . والضرع عبارة عن غدة تتكون نتيجة نمو أنسجة الجلد مما يجعله غير متصلا بتجويف الجسم إلا عن طريق القناة الإربية (Inguinal canal) التي تتكون من مجموعة من الأوعية الدموية أو الليمفاوية والأعصاب التي تقوم في مجموعها بالإمداد الدموي والعصبي للضرع .

ويتكون الضرع في الأبقار والجاموس من أربعة أقسام . كل قسم عبارة عن غدة منفصلة تتصل بحلمة . ويظهر خارج الضرع إنخفاض طولي يقسمه إلي قسمين أحدهما أيمن والآخر أيسر . وينقسم كل قسم من هذه الأقسام بدوره إلي جزئين الأول أمامي والآخر خلفي . وبذلك يتكون الضرع من أربعة أقسام تسمي أرباع . وأرباع الضرع غير متساوية حيث يمثل الربعان الخلفيان حوالي ٦٠٪ من حجم الضرع كله .

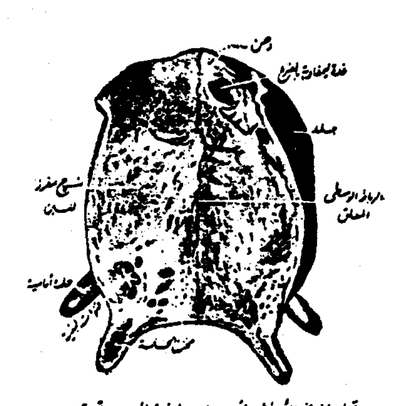
وقد يوجد علي الضرع أكثر من أربعة حلمات وتكون الحلمات الزائـدة علي الضرع ذات نمو ووضع غير متناسق فقد توجد متجاورة تماما للحلمات الأصلية أو قد تنمو في أماكن متفرقة كما قد تكون هذه الحلمات الزائدة عديمة القنوات أي غير عاملة . وتعتبر الحلمات الزائدة من العيوب الخلقية في الضرع وتؤدي إلي خلل في وظيفته وحدوث متاعب في عملية الحليب .

وللضرع أربطة (Ligaments) خاصة تساعد علي تثبيت الضرع جيدا بالجسم حيث لا يقوي الجلد المغلف للضرع علي حمله بل يقتصر وظيفته الأساسية علي تقليل ذبذبة الضرع أثناء حركة الحيوان . وأربطة الضرع عبارة عن أغشية وهي أربعة :

١) <u>الرباطان الجانبيان Lateral suspensories</u> : وهما رباطان يوجد واحد منهما علي كل جانب من الضرع . ويتكونان من غشاء ليفي حول الضرع مرتبط بالنسيج الليفي له ويمتدان إلي أعلي حتي يتحدان بالرباط العريض المعلق للرحم والمتصل بعظام الحوض .

٢) <u>الرباطان الوسطيان Median suspensories</u> : يمتدان وسط الضرع . ويتكون كل منهما من نسيج مطاط يمتدان إلي أعلي حتي يتحدان مع الغشاء الليفي وسط جدار البطن

ويتخلل جسم الضرع فواصل ليفية (Fibrous trabeculae) تصل بين الأربطة الجانبية والوسطي وتقسم نسيج الضرع إلي فصوص وتكون شبكة ليفية لتدعيم الضرع . والرسم التالي يوضح قطاعا في الأرباع الأمامية لضرع البقرة موضحا عليه الرباط الوسطي المعلق والغدة الليمفاوية للضرع :



قطاع في الأرباع الأمامية لضرع البقرة

الإمداد الدموي والليمفاوي للضرع :

يغذي الضرع شريانين أساسيين الأول فرع من الشريان الحرقفي الخارجي وهو من أهم الشرايين المغذية للضرع أما الثاني فهو فرع من الشريان الحرقفي الداخلي . ويتجمع الدم الوريدي في وريدين يمتدان إلي جوار الشريانين السابقين وهما الوريد الضرعي (Mammary vein) الذي يصب في الوريد الحرقفي الخارجي والوريد العجاني (Perineal vein) الذي يصب في الوريد الحرقفي الداخلي . فضلا عن الوريد التحت جلدي البطني (Subcutaneous abdominal vein) الذي يمتد تحت الجلد في منطقة البطن . ويتخذ الوريد الأخير للحكم علي كفاءة الدورة الدموية في الضرع وكفاءة إدرار اللبن. وتتفرع الشرايين والأوردة السابقة إلي فروع كثيرة تحيط بالحويصلات اللبنية .

ويتم الإمداد الليمفاوي للضرع بواسطة العديد من الأوعية الليمفاوية التي تتجمع في تركيب خاص يعرف بالغدد الليمفاوية توجد في نهاية مؤخرة الضرع . يخرج من هذه الغدد وعاء ليمفاوي رئيسي يتصل بالوعاء الليمفاوي الصدري الذي يفتح في الوريد الأجوف الخلفي قرب إتصاله بالقلب

الإمداد العصبي للضرع :

يغذي الضرع نوعان من الألياف العصبية بعضها ألياف عصبية حسية وبعضها ألياف عصبية من الجهاز العصبي الذاتي (سمبثاوي) وتعتبر هذه الأعصاب المسئولة عن التحكم في الدورة الدموية في الضرع وفي عضلاته وعضلات الحويصلة اللبنية والعضلة العاصرة للحلمة .

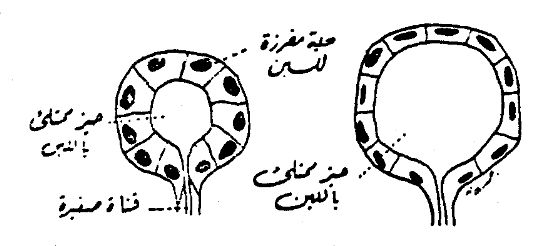
التركيب الخلوي للضرع :

الضرع عبارة عن مجموعة من الغدد العنقودية التي تتكون من خلايا طلائية مرتبة علي شكل عناقيد ترتبط معا بواسطة نسيج ضام يحتوي علي الأوعية الدموية والليمفاوية والأعصاب . وترتبط كفاءة الضرع إلي حد كبير بالنسبة بين كل من النسيج الغدي إلي النسيج الضام . فإذا زاد النسيج الغدي ظهر الضرع بمظهر إسفنجي فيتمدد كثيرا عند إمتلائه باللبن وينكمش كثيرا بعد تفريغ الضرع (بعد الحليب) أما إذا ساد النسيج الضام علي النسيج الغدي يكون ملمس الضرع في هذه الحالة صلبا وذو كفاءة إنتاجية منخفضة ويعرف الضرع في هذه الحالة بالضرع اللحمي .

وتنقسم غدة الضرع إلي فصوص تتكون كل منها من مجموعة من الحويصلات يتصل بكل منها قناة قصيرة.تعرف بقناة الحويصلة . يتكون جدارها من صف واحد من الخلايا الطلائية وتقع كل مجموعة من هذه القنوات في قناة ناقلة حيث تتجمع هذه الفنوات الناقلة مكونة قناة الفص . تتجمع قنوات الفصوص لتكون قناة جامعة .

والحويصلة هي الوحدة الإفرازية في الضرع وهي عبارة عن كيس ببطنه من الداخل طبقة واحدة من الخلايا الطلائية العمادية الغدية والتي تتميز بكبر أنويتها . تتحول هذه الخلايا إلي خلايا طلائية بلاطية عند إمتلاء الضرع . وترتكز هذه الطبقة الطلائية علي غشاء قاعدي يفصلها عن طبقة الخلايا العضلية .

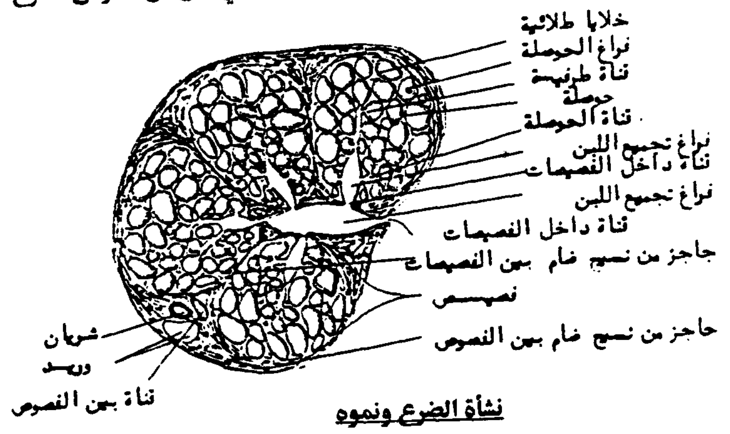
ويوضح الشكل التالي تركيب الحويصلة اللبنية حيث يوضح الشكل الأيمن تفلطح الخلايا عند إفراز اللبن داخل الحويصلة بينما يوضح الشكل الأيسر إنتفاخ الخلايا قبل إفراز اللبن .



<u>تركيب الحلمة</u> :

تحتوي الحلمة بداخلها علي فراغ هو مخزن الحلمة يبطنه نسيج طلائي من طبقتين . ويكون هذا النسيج إنثناءات في أعلي مخزن الحلمة بينه وبين مخزن الغدة وكذلك زوائد أسفل مخزن الحلمة تساعد علي التحكم في نزول اللبن من قناة الحلمة . وتمتد من مخزن الحلمة إلي الخارج قناة رفيعة هي قناة الحلمة . وتحيط بالقناة حلقة من العضلات مكونة صمام الحلمة الذي يتحكم في فتح القناة

وقفلها . ويغطي الحلمة من الخارج جلد سميك تنتشر به نهايات الأعصاب الحسية التي تتنبه أثناء الحليب أو أثناء الرضاعة . وفيما يلي شكلا تخطيطيا يبين قطاعا عرضيا في فص من فصوص الضرع .



نشأة الضرع ونموه

تختلف الحيوانات كثيرا من حيث حجم وشكل ووضع وعدد الغدد اللبنية . إلا أنها تتشابه في مراحل النمو المتتالية . وسنوجز فيما يلي طريقة تطور الغدد اللبنية في المراحل المختلفة من النمو والتطور .

أولا : المرحلة الجنينية Foetal period :

ينشأ الثدي علي جانبي البطن في الجزء الموجود خلف السرة علي شكل شريطين . ويتميز كل منهما إلي خط واضح من الخلايا الثديية عندما يصبح طول الجنين حوالي ٥ر١ سم . يظهر علي هذا الخط براعم يختلف عددها وتركيبها حسب النوع . ويتم ذلك في كلا الجنسين (الأنثي والذكر) . وعندما يصير طول الجنين ٥ر٨ سم ينمو النسيج الضام تحت البراعم فيدفعه للخارج مكونا الحلمة وذلك في حالة الأنثي فقط . وعند طول ١٢ سم من حجم الجنين ينموعدد من خلايا ملبيجي في وسط الحلمة متجهة إلي الداخل علي شكل عمود يتكون منه كل النسيج الطلائي المفرز والقنوات والمخازن . ويتم نموه عندما يصل الجنين إلي طول ١٦ سم . وعند نهاية هذا العمود من الداخل تنتفخ الخلايا المحيطة مكونة تجويف هو مبدأ مخزن الغدة اللبنية . ويتم ظهوره عند طول ٢٥ سم للجنين حيث تظهر أيضا في نفس الوقت نموات متفرعة من النسيج الطلائي تكون مبدأ القنوات الرئيسية (Collective ducts) وذلك عند طول ٥٠ : ٦٠ سم من

الجنين الذي يكون عمره في هذا الحجم ٦ أشهر تقريبا . ثم يبدأ تكوين النسيج الدهني فيزيد حجم الضرع ويظهر فاصل ليفي وهو مبدأ تكوين الرباط الوسطي المعلق .

ثانيا : الفترة من الولادة وحتي البلوغ الجنسي Birth to puberty period :

يكبر حجم الضرع مع زيادة وزن الجسم ويكون ذلك نتيجة زيادة النسيج الليفي والدهني وليس في النسيج الغدي المفرز ويصل وزن الضرع إلي ثلاثة أمثال وزنه عند الميلاد عند عمر ٦أشهر . ويعتقد البعض أن مقدار الزيادة في وزن الضرع حتي هذا العمر في هذه المرحلة يعتبر دليلا علي ما ينتظر لنمو الضرع وإنتاج اللبن في الحياة المنتجة .

ثالثا : الفترة من البلوغ الجنسي وحتي الحمل Pupertal period :

تنمو نهايات القنوات الموصلة وتتفرع مع بدء ظهور دورات الشبق . ويزيد التفرع بتوالي دورات الشبق حتي يتم تكوين التركيب القنوي مع بدء ظهور بعض السوائل في هذه القنوات.

رابعا : أثناء فترة الحمل Gestation period :

تتكون الحويصلات اللبنية في نهاية القنوات وتحل محل النسيج الدهني . وفي الشهر الخامس من الحمل تظهر فصوص الغدة واضحة بينها حواجز من نسيج ضام مع بقاء الحويصلات صغيرة والخلايا المبطنة لها مفلطحة. وفي النصف الأخير من الحمل تبدأ الغدة في إفراز سائل لا يشبه اللبن ولكنه ذو تركيب مماثل . ويكبر حجم الضرع وينتفخ وتتضخم الأوعية والشعيرات الدموية والليمفاوية لإمتلاء الحويصلات والقنوات بهذا السائل . ويمتلئ الضرع خلال ٤٨ ساعة قبل الولادة .

خامسا : فترة الإدرار :

تبدأ الغدة في إمداد اللبن للمولود بعد الولادة مباشرة . وفي الفصيلة البقرية - يكون اللبن في الأيام الأربعة الأولي بعد الولادة ذو تركيب خاص غني بالجلوبيولين والحديد والفيتامينات والمضادات الحيوية ويعرف في هذه الحالة بالسرسوب (Colostrom) أو المسمار . ثم يبدأ إفراز اللبن الحقيقي بعد ذلك . ويزيد معدل الإنتاج اليومي من اللبن حتي ٤٠ : ٥٠ يوما من الولادة . حيث يصل إلي أقصي حد من الإدرار ثم يبدأ في التناقص تدريجيا حتي يتوقف تماما عند جفاف الضرع . وبذلك يمثل معدل إنتاج اللبن اليومي في موسم الحليب منحني معين ثابت الشكل لكل الحيوانات . إلا أنها تتفاوت فيما بينها في إمتداد المنحني أي إمتداد موسم الحليب وإرتفاع قمته وكذلك بدء الإنتاج أي المستوي الذي بدأ به . كما تختلف قمة المنحني حسب المواسم المتتالية للحيوان الواحد .

سادسا : فترة الجفاف (إضمحلال الحويصلات اللبنية) :

يعزي النقص التدريجي في نشاط الغدد اللبنية لإنتاج اللبن إلي أحد السببين الآتيين أو لكليهما :

١) ضعف حيوية بعض الحويصلات وتوقفها عن الإفراز .

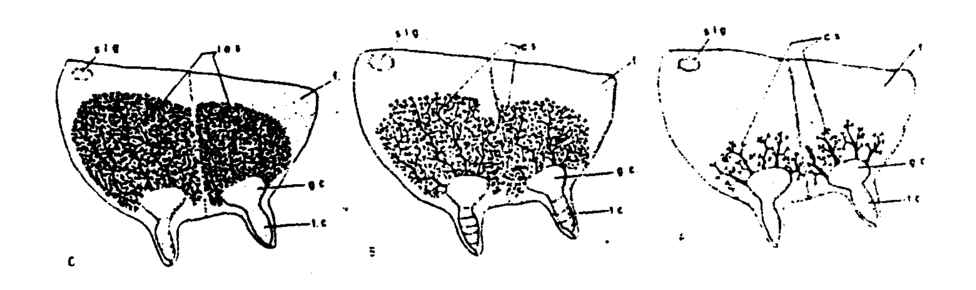
٢) نقص كمية الدم والمواد الغذائية الواصلة إلي بعض الحويصلات .

وببدأ الإضمحلال في المناطق الطرفية البعيدة عن مصادر الدم الرئيسية . ويستمر نقص اللبن تدريجيا حتي يتوقف تماما .

سابعا : الحمل التالي :

تعود الحويصلات للتكوين أثناء الحمل التالي ويلاحظ أن عدد الحويصلات المتكونة في طرف كل قناة أكبر من الحمل السابق . ويزيد إنتاج اللبن في مواسم الحليب المتتابعة حتي يصل إلي أعلي زيادة له في الموسم الخامس . وعادة ما يتناقص الإنتاج في المواسم التالية نتيجة كبر السن .

وتبين الرسوم التخطيطية التالية خطوات نمو وتطور الضرع قبل البلوغ وقبل وأثناء الحمل . ويلاحظة التطور الحادث في فصوص الثدي والحوصلات اللبنية وكذا التكوين القنوي .



قبل النضج الجنسي　　　قبل حدوث الحمل　　　أثناء الحمل

غدة ليمفاوية فوق ثديية Supramammary lymph gland (S.l.g)

النظام القنـــوي Duct system (d.s)

النظام الحويصلي الفصيصي lobule - alveolar system (l.a.s.)

دهن fat (f.)　مخزن الغدة gland cistern (g.c.)　مخزن الحلمة teat cistern (t.c.)

التأثيرات الهرمونية علي نمو وتطور الضرع

يتأثر نمووتطور الضرع . بصورة مباشرة . بالعديدمن الهرمونات وأهمها :

١) **الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية (FSH and LH)** : المفرزان من النخامية الغدية تحت تأثير الهرمونات الجنسية (الإستروجين والبروجستيرون) ويعتبر تأثير الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية علي نمو وتطور الضرع غير مباشر . وينحصر تأثيرهما علي تنظيم الهرمونات الهرمونات الجنسية ذات التأثير المباشر علي نمو وتطور الضرع .

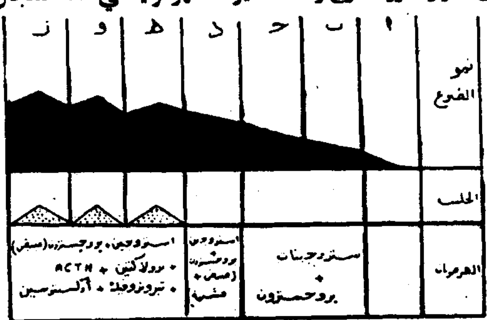
٢) **عوامل المشيمة (Placental factors)** : تعمل إفرازات المشيمة علي نمو الحويصلات اللبنية وتهيئتها لإفراز اللبن بمجرد الولادة . ويسبب نزع المشيمة تدهوركبير في نمو هذه الحويصلات . وقد يكون هذا التأثير غير مباشر نتيجة تأثير هذه العوامل علي إفراز البروجستيرون من الجسم الأصفر المستمر علي المبيض طوال مدة الحمل .

وتتعاون الإستروجين والبروجستيرون وهرمونات النخامية وإفرازات المشيمة في توافق تام علي نمو الضرع وإعداده لإدرار اللبن بعد الولادة مباشرة .

٣) **الثيروكسين Thyroxine** : يؤثر الثيروكسين علي نمو الضرع بطريق مباشر عن طريق تأثيره علي عملية التمثيل الغذائي وتنظيم الطاقة الحيوية .

٤) **بعض الهرمونات الأخري** : يحدث الأندروجين (Androgen) وهرمونات قشرة غدة فوق الكلية (الكورتيزول) نموا في قنوات الغدد اللبنية . وقد يعزي ذلك إلي تشابه تركيبهما الكيميائي مع تركيب هرمونات المبيض وقد تقوم مقامها في بعض الأحيان .

ويمكن تمثيل مراحل نمو وتطور الضرع وكذا التأثيرات الهرمونية في هذا المجال بيانيا كما يأتي



(أ) نمو الضرع أثناء المرحلة الجنينية (ب) نمو الضرع من الميلاد حتي البلوغ الجنسي (جـ) بعد البلوغ وفي حالة عدم حدوث حمل حيث يحتقن الضرع عند كل دورة جنسية (دورة شبق) (د) أثناء فترة الحمل الأولي .
(هـ . و . ز) تمثل مواسم الحليب الأول والثاني والثالث علي الترتيب . وفي كل موسم يزداد حجم الضرع في الفترة الأولي من الحليب ثم يقل قرب موسم الجفاف .

ويزداد حجم الضرع بتعدد الولادات وتعدد مواسم الحليب . وتبلغ أقصي زيادة له في موسم الحليب الثاني . بينما تقل هذه الزيادات كلما تقدمت البقرة في العمر .والشكل التالي يبين نمو الضرع في الأبقار بتقدم عمرها من بعد الولادة حتي عمر ١٢ شهرا .



نمو الضرع في الأبقار بتقدم عمرها منذ الولادة من بعد الولادة حتى عمر ١٢ شهرا

إفراز اللبن
Milk secretion

تخضع عملية إفرازاللبن للظواهرالطبيعية مثل الإنتشار الغشائي والضغط الإسموزي وضغط السوائل . كما تخضع أيضا للنشاط الإنزيمي للخلايا . فيمر الماء والأملاح والفيتامينات والجلوبيولين من الدم إلي الحويصلات اللبنية بطريق الترشيح خلال جدر الشعيرات الدموية والحويصلات اللبنية . وينظم مرورها الضغط الإسموزي وضغط الدم في الشعيرات وضغط اللبن داخل الحويصلات . أما الأحماض العضوية الأليفاتية والأمينية والجلوكوز وأنواع من الليبيدات وكذلك بعض المواد الغير عضوية فتمر إلي داخل الحويصلات اللبنية حيث يتم تحويلها إلي مكونات اللبن الغير موجودة في الدم وأهمها الكازين واللآكتوز ودهن اللبن . ويلزم لذلك أن تؤدي الخلايا مجهود حيوي وتبذل طاقة لتكوين المركبات الجديدة الخاصة باللبن . ولما كانت

الطاقة ثابتة لكل غدة لبنية حسب تكوينها الوراثي فيصحب أي زيادة في إستهلاك الطاقة لتكوين الدهن نقص في كمية الطاقة المتبقية لتكوين اللاكتوز أو البروتينات مثلا ... وهكذا . لذا نري أنه كلما زادت نسبة الدهن في اللبن إنخفضت نسبة اللاكتوز والبروتينات . ويقل الماء نتيجة لنقص اللاكتوز حتي يظل الضغط الأسموزي ثابتا وبذا يقل الحجم الكلي اللبن الناتج .

وتدل علاقة الترابط بين كمية الطاقة اللازمة لإنتاج مادة مع كمية الطاقة اللازمة لإنتاج المواد الأخري علي أن عملية إنتاج اللبن تسير تبعا لخطة واحدة تتم داخل خلايا الحويصلات اللبنية المفرزة.وبتوالي عملية تجمع مكونات اللبن داخل الخلايا يتكون نوع من الضغط علي جدران الخلية . ويتزايد هذا الضغط تدريجيا حتي يصل إلي حد يؤدي إلي نفاذ هذه المكونات من خلال الفراغ الداخلي للخلايا إلي فراغ الحويصلة اللبنية .

تكوين اللبن وإفرازه
Milk secretion

يتم تكوين اللبن علي مراحل هي :

١) بترشيح سائل من جدار الشعيرات الدموية يكون ضغطه عادة مساويا لضغط الدم الإسموزي وهو (٦ر٦ ضغط جوي) . يغمر هذا السائل الحويصلات اللبنية .

٢) تمر المركبات والعناصر من هذا السائل إلي داخل الحويصلة عن طريق الغشاء القاعدي وذلك بخاصية النفاذية الإختيارية . ويمر بعضها إلي فراغ الحويصلة مباشرة مثل الماء والأملاح والفيتامينات والجلوبيولين . ويظل الباقي في الخلايا مدة حيث يتم عليه عمليات التحويلات إلي مركبات جديدة تخرج إلي فراغ الحويصلة مثل اللاكتوز والكازين والدهن والألبيومين .

وبذا يمكن تقسيم مكونات اللبن إلي قسمين رئيسيين :

١) المركبات المتكونة حديثا نتيجة النشاط الحيوي للخلايا الإفرازية .

٢) المركبات الموجودة بسائل يمر مباشرة من الدم وهو السائل الذي يقوم بتخفيف المكونات التي تم تخليقها حديثا .

ويلزم تساوي تركيز الأيونات علي جانبي الأغشية المنفذة بين الدم واللبن أي بين غشاء الشعيرة الدموية والغشاء القاعدي وطبقة الخلايا الحويصلية حتي يكون الضغط الإسموزي متساويا بين اللبن والدم .

٣) يمتلئ فراغ الحويصلة بزيادة اللبن فيه تدريجيا ويضغط اللبن علي جدار الحويصلة فتتضخم ويرق الجدار ويتحول شكل الخلايا المفرزة من الشكل القريب من العمادي إلي خلايا رقيقة مفلطحة نتيجة لزيادة الضغط عليها من الداخل (من داخل الحويصلة) . ويتوقف إفراز اللبن تماما عندما يصل الضغط إلي حوالي ٢٥ : ٤٠ مم زئبق .وذلك لأن هذا الضغط يعادل ضغط الدم داخل الشعيرات الدموية وهو حوالي ٣٥ : ٤٠ مم زئبق .

التأثيرات الهرمونية لإفراز اللبن

Hormonal control of milk secretion

يوجد عدة تأثيرات مانعةتوقت إفراز ونزول اللبن بعد الولادة مباشرة وتمنع ذلك قبل الولادة وهي.

١) التأثير المانع لنزول اللبن الذي يحدثه الإستروجين
٢) التأثير المانع لنزول اللبن الذي يحدثه البروجستيرون
٣) التأثير المانع لنزول اللبن الذي يحدث طالما بقيت المشيمة في الجسم .
٤) التضاد بين نمو الضرع وإنتاجه من اللبن , وحيث أن الضرع يكون في حالة نمو وتشكيل أثناء الحمل فإنه لا يبدأ في إفراز اللبن خلال هذه المدة من النمو .

ولكل من هذه التأثيرات شواهد تؤيدها وخاصة تلك التي تتناول التأثير المانع لنزول اللبن الذي تحدثه بعض الهرمونات السابق ذكرها في الحيوانات الحلابة عند حقنها بكميات كافية . فلقد أمكن وقف إنتاج اللبن في الماشية (وفي المرأة) بالحقن بهرمون الإستروجين . ولعل هذا هو سبب نقص اللبن أثناء فترة الشياع (الطلب) من دورة الشبق وهي فترة إرتفاع مستوي الإستروجين .

ويخضع نشاط إفراز اللبن . بصفة عامة . لتأثير عدد من الهرمونات أهمها :

١) <u>اللاكتوجين Lactogen</u> : المفرز من الغدة النخامية فقد ثبت أن تأثير الغدة النخامية علي إفراز اللبن يعود إلي تأثير هرمون اللاكتوجين ذو التأثير المباشر علي الحويصلات اللبنية .

٢) **هرمونات قشرة غدة فوق الكلية Cortical hormones** : يقل إنتاج اللبن في الحيوانات المنزوع منها غدة فوق الكلية , ويرجع أن يعود السبب في ذلك إلي نقص الماء وتغيير نسب الأملاح وبالتالي الضغط الإسموزي في الدم وهو ما ينظمه هرمونات قشرة غدة فوق الكلية . كما يعزو البعض ذلك التأثير إلي غياب هرمون 11- dehydro 17 - hydroxycorticosterone وهو أحد هرمونات قشرة غدة فوق الكلية الذي يؤثر علي تمثيل المواد الكربوهيدراتية .

٣) **الثيروكسين Thyroxine** : يسبب إستئصال الدرقية نقص كمية اللبن بمقدار ٧٥٪ بينما يزيد حقن هرمونات الدرقية زيادة اللبن بمقدار ٢٠ ٪. ويختلف تأثير الثيروكسين بإختلاف درجة الإنتاج فيكون الأثر كبيرا في الحيوانات عالية الإدرار عنه في الحيوانات منخفضة الإدرار . كما يتوقف هذا التأثير علي عمر الحيوان فيزيد في الحيوانات التي في موسم حليب متأخر . ويرجع تأثير الثيروكسين علي إفراز اللبن إلي تأثيره علي عمليات التمثيل الغذائي لمختلف المركبات اللازمة لتكوين اللبن .

فسيولوجيا الحليب

Physiology of Milking

ينزل اللبن بعد تجمعه بفعل التأثير المنعكس الشرطي (Reflex action) وذلك بإنتقال الإحساس المصاحب لنزول اللبن سواء أكان بالرضاعة أو الحلابة عن طريق أحد مراكز الحس مثل اللمس (تدليك الحلمات) أو النظر (رؤية الرضيع أو الحلاب أو أماكن الحليب الخاصة) أو السمع (صوت جرادل أوماكينات الحليب) أو حتي التذوق (بعض الحيوانات لا تحلب إلا إذا وضع لها أكل) وينتقل هذاالإحساس من الأعصاب الحسية إلي الجهاز العصبي المركزي الذي يرسل إشارة منبهة إلي النخامية العصبية فتفرز هرمون الأكسيتوزين الذي يسبب إنقباض العضلات المحيطة بحويصلات اللبن . فيندفع اللبن المخزن بها إلي القنوات ومنها إلي مخزن الغدة فالحلمة الذي يعمل الهرمون علي إنقباض صمامها (العضلة العاصرة) فينفتح الصمام ويسمح بنزول اللبن بمجرد ضغطة خفيفة من الحلاب أو ماكينة الحليب أو الحيوان الرضيع . وتعرف هذه الظاهرة بالتحنين (Condotioning) وتستغرق فترة طويلة في الحيوانات قد تصل أحيانا إلي ١٥ دقيقة . غير أن تلك

العملية لا تستغرق وقتا يذكر في سلالات اللبن الأصيلة (أقل من دقيقة أو أثناء مسح الضرع والحلمات بفوطة مبلله بمواد مطهرة). ويلاحظ أنه كلما كانت عملية الحلابة سريعة كان كمية اللبن الناتج كبيرة أيضا . وقد يعزي ذلك إلي تأثير هرمون الأكسيتوزين الذي يكون كبيرا بعد التحنين مباشرة لإرتفاع تركيزه في الدم . ويقل تدريجيا وبسرعة لشدة وسهولة قابليته للتأكسد . وكلما قل تركيز هذا الهرمون قلت قوة تأثيره علي العضلات وبالتالي قلت قوة إنقباضها ودفعها للبن . ولقد ثبت تأكسد كل هرمون الأكسيتوزين الموجود بالدم بعد ٢٠ دقيقة وبذا يتوقف نزول اللبن . ومعني ذلك أنه إذا حنن الحيوان وبدأ نزول اللبن لا يجب التوقف أو التباطؤ في الحلابة . حيث يلزم إعادة التحنين مرة أخري إذا توقفت الحلابة لأي سبب من الأسباب . ويلاحظ قلة كمية اللبن في هذه الحالة لقلة كمية الهرمون المفرز بالمقارنة بالكمية المفرزة أثناء التحنين الأول .

ويؤدي إزعاج الحيوان بالضرب أو بالصوت العالي إلي تنبيه نخاع غدة فوق الكلية لإفراز الأدرينالين الذي يسبب ضيق الأوعية الدموية وبطء أو توقف نزول اللبن وهو ما يعبر عنه بأن البقرة "سالت" أو "رفضت" . لذا يتحتم الرفق بالحيوان دائما أثناء عملية الحليب .

المراجـــع

أولا : المراجـــع العربيـــة :

١) سعد الدين حافظ (١٩٥٤) .
حيوانات المزرعة :هرموناتها . تناسلها . حليبها . نموها.نشرة علمية مصورةمطبعة العلوم القاهرة

٢) عبد اللطيف بدر الدين (١٩٥٤) .
فسيولوجيا حيوانات المزرعة . الطبعة الأولي . مكتبة الأنجلو المصرية . القاهرة .

٣) محمد جمال الدين عبد الرحمن قمر وآخرون (١٩٧٦) .
أساسيات فسيولوجيا الإنتاج الحيواني . مطبعة التقدم . القاهرة .

٤) محمد صفوت عبد المجيد جادو (١٩٨٣)
مبادئ فسيولوجيا الدواجن . كلية الزراعة جامعة الزقازيق فرع بنها .

٥) محمد صفوت عبد المجيد جادو (١٩٨٣) .
الغدد الصماء في الطيور . كلية الزراعة جامعة الزقازيق فرع بنها .

٦) محمد صفوت عبد المجيد جادو (١٩٨٤) (١٩٩٧) .
مقدمة في علم الأنسجة . كلية الزراعة جامعة الزقازيق فرع بنها .

٧) محمد صفوت عبد المجيد جادو(١٩٨٥) .
أسس علم الغدد الصماء . كلية الزراعة جامعة الزقازيق فرع بنها .

٨) محمد صفوت عبد المجيد جادو(١٩٨٥) .
فسيولوجيا التناسل والتلقيح الصناعي .كلية الزراعة جامعة الزقازيق فرع بنها .

٩) محمد صفوت عبد المجيد جادو(١٩٩٦) .
فسيولوجيا الغدد الصماء (الهرمونات والناقلات العصبية)كلية الزراعة جامعة الزقازيق فرع بنها .

١٠) محمد يحيي حسين درويش (١٩٧٦) .
فسيولوجيا الحيوان : الفسيولوجيا العامة والإنتاج والهرمونات والتناسل
مكتبة الأنجلو المصرية . القاهرة .

ثانيا : المراجع الأجنبيــة

1) Abou El-Naga ,(1952)
Histology for Medical Students .
Anglo Egyption Bookshop, Cairo , Egypt .

2) Anthony W. Norm and Gerald Litwack , (1987)
Hormones.
Academic press Inc. (London) LTD .

3) Arther W.H. and Thomas, S.L.,(1961).
Histology .
Bitman Medical Publishing Co. LTD , London .

4) Bell G. H. , Davidson ,J.N. and Smith ,D.E. (1972).
Textbook of Physiology and Biochemistry.
English Language Book Society , London .

5) Bradbury , S. ,(1973) .
Hewer's Textbook of Histology For Medical Students .
English Language Book Society , London .

6) Dukes , H.H. ,(1933) .
The Physiology of Domestic Animals .
Bailliere Tindall and Cox , New York , U.S.A.

7) Evans ,C.L., (1947) .
Principals of Human Physiology .
Chirchill , LTD , London .

8) Freeman , W.H. and Bracegirdle , B. (1966) .
An Atlas of Histology .
English Language Book Society , London

9) Freeman , W.H. and Bracegirdle , B. (1966) .
An Atlas of Embryology .
English Language Book Society , London .

10) Guyton, A.C. (1981) .
Textbook of Medical Physiology .
W.B. Saunders Company , London .

11) Hafez , E.S.E. (1962) .
Reproduction in Farm Animals .
Philadelphia : Lea and Febiger.

12) Hall, R. , Anderson , J., Smart , G.A. and Besser ,M. (1974) .
Fundamental of Clinical Endocrinology .
English Language Book Society , London .

13) Mc Donald, L.E. (1974) .
Vetrinary Endocrinology and Reproduction .
Philadelphia : Lea and Febiger.

14) Patten, B.M. ,(1971) .
Early Embryology of the chick .
Mc Graw Hill Book Company , New York , U.S.A.

15) Philip , B.H. , Bernard , L.O. and William ,H.S. , (1954) .
Practical Physiological Chemistry .
Chirchill , LTD , London .

16) Sturkie , P.D. (1955) .
Avian Physiology .
Cornell Univ. Press . Ithaca , New York , U.S.A.

الطبعة الرابعة

تمت بحمد لله وتوفيقة يوم الجمعة ٢٢ من رمضان عام ١٤١٧ هـ الموافق ٣١ من يناير عام ١٩٩٧م

الطبعة الخامسة

تمت بحمد لله وتوفيقة يوم الثلاثاء ٢٨ من رجب عام ١٤١٩ هـ الموافق ١٧ من نوفمبر عام ١٩٩٨م